ПУСТЬ ЭТА КНИГА ПРИНЕСЕТ ВАМ УДАЧУ!

«РЕМОНТ» № 72

В.Л. Лихачев

СПРАВОЧНИК ОБМОТЧИКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Электрические машины изнутри

Все, что нужно знать о проводах и изоляционных материалах

Секреты перемотки электродвигателей

Профессиональная пошаговая методика разборки и ремонта

Самая полная подборка схем, рисунков и таблиц

ISBN 5-98003-120-0
9 785980 031206

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1
Л65

В. Л. Лихачев

Л65 Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 240 с.: ил. — (Серия «Ремонт», выпуск 72).

ISBN 5-98003-120-0

Книга «Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей» подробно освещает назначение и классификацию асинхронных электродвигателей первой и второй единой серии, единой серии 4А, крановых электродвигателей, электродвигателей повышенной частоты и однофазных двигателей. Приведены и описаны виды обмоток и способы их изображения, схемы обмоток трехфазных и однофазных двигателей.

В книге описаны выпускающиеся в данное время обмоточные провода, их номенклатура и характеристика. Дана подробная характеристика изоляционных материалов. Описаны свойства и применение материалов для пропитки обмоток.

Приведен пересчет обмоточных данных при ремонте и перемотке асинхронных электродвигателей, пересчет обмотки на другое напряжение, пересчет трехфазной обмотки на однофазную, замена диаметров проводов (таблицы и графики).

Книга «Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей» рассчитана на обмотчиков мелких обмоточных цехов и мастерских по перемотке электродвигателей. Данный справочник рассчитан помочь обмотчикам углубить их знания и обеспечить их справочным материалом.

«Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей» также будет полезен обмотчикам и инженерно-техническим работникам ремзаводов по ремонту асинхронных электродвигателей и энергетикам предприятий и хозяйств.

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1

ISBN 5-98003-120-0

Введение

Основой развития хозяйства России является широкая электрификация промышленности и сельского хозяйства, способствующая ускорению технического прогресса. Только всестороннее развитие электрификации дает возможность полностью механизировать производство, широко внедрить автоматику, намного увеличить производительность труда.

Широкое распространение электрических машин объясняется простотой передачи электроэнергии на большие расстояния и удобством ее использования. От тепловых, гидравлических или атомных электростанций, на которых расположены генераторы, электроэнергия по линиям электропередачи подается на тысячи километров до места ее потребления — городов, заводов, шахт, железнодорожных магистралей. Основные потребители электроэнергии — электродвигатели — просты и надежны в работе, имеют более высокий коэффициент полезного действия, чем любые другие современные двигатели, могут быть легко установлены в нужном месте и работают, совершенно не загрязняя окружающую среду: без дыма, выделения газов и вредных выхлопов, как, например, двигатели внутреннего сгорания.

Электрические двигатели приводят в движение практически все примышленные механизмы начиная от мощнейших прокатных станов до мелких приборов, служащих для контроля и управления процессами производства. Их работа во многом определяет надежность автоматических линий, различных манипуляторов и промышленных роботов.

Важнейшую роль в электроэнергетике всех отраслей народного хозяйства играют миллионы электродвигателей. Обеспечение их надежной и бесперебойной работы — задача очень ответственная, и решить ее можно лишь при четко организованной системе ремонта. При существующей сети специализированных электроремонтных заводов большая часть электродвигателей ремонтируется в сравнительно небольших цехах, мастерских и на участках, существующих и вновь создаваемых на многих предприятиях практически во всех отраслях народного хозяйства.

Опыт эксплуатации электродвигателей свидетельствует о том, что наиболее часто повреждаемыми их частями являются обмотки и изоляция, на долю которых приходится свыше 80 % всех трудозатрат по ремонту электродвигателя.

В практической работе электромонтер-обмотчик должен уметь по определенным признакам не только устанавливать характер и причину возникновения неисправностей, но и определять способы их быстрого и качественного устранения. Для этого ему необходимо хорошо знать принцип действия и конструкцию ремонтируемого электродвигателя, процессы, происходящие при его работе, современную технологию ремонта, способы модернизации поступающих в ремонт электродвигателей, т. е. он должен обладать широким техническим кругозором и высокой профессиональной подготовкой.

Особо следует отметить, что если на крупных электроремонтных предприятиях возможна узкая специализация рабочего на определенной технологической операции, то в условиях небольших электроремонтных цехов, участков и мастерских один и тот же рабочий зачастую выполняет целый комплекс работ по ремонту обмоток, а иногда и полностью ремонтирует электродвигатель — от начала до конца. Такой специалист должен обладать обширными теоретическими знаниями и твердыми практическими навыками по всему комплексу обмоточных работ. В этом ему должно помочь предлагаемое пособие.

1. Устройство электрических машин

1.1. Назначение и классификация электрических машин

Электрические машины по назначению разделяются на генераторы, преобразующие механическую энергию в электрическую; электродвигатели, преобразующие электрическую энергию в механическую, а также специальные машины, чаще всего преобразующие электрическую энергию одного вида в электрическую энергию другого вида.

По устройству электрические машины могут быть коллекторными и бесколлекторными. Коллекторные машины чаще всего используются для работы на постоянном токе как в качестве генераторов, так и в качестве электродвигателей. Реже применяются они на переменном токе, главным образом как однофазные электродвигатели сравнительно небольшой мощности. Бесколлекторные электрические машины работают почти исключительно на переменном токе. По принципу действия их разделяют на асинхронные, используемые в основном как электродвигатели, и синхронные, применяемые в качестве генераторов или электродвигателей.

Электрические машины широко применяются во всех отраслях народного хозяйства, где существуют самые разнообразные условия работы и предъявляются различные требования. В связи с этим разработаны и выпускаются промышленностью электрические машины множества конструктивных исполнений: с горизонтальным и вертикальным расположением вала, с креплением на лапах или фланце, с различными способами охлаждения, например обдуваемые воздухом только снаружи или продуваемые также внутри, с разной степенью защиты от влияния внешней среды — открытого и защищенного исполнений, брызгозащищенные, водозащищенные, взрывозащищенные, герметичные и т. д.

На специальной табличке, которая крепится к электрической машине, указывают ее номинальные параметры, т. е. основные показатели (мощность, напряжение, ток, частоту вращения и др.), характеризующие номинальный режим работы, для которого предназначена данная электрическая машина заводом-изготовителем. Термин «номинальный» применяется также к параметрам, не указанным на щитке машины, но относящимся к номинальному режиму (например, номинальный вращающий момент, номинальное скольжение и др.).

Номинальная мощность является важнейшей величиной, характеризующей электрическую машину. Для электродвигателя под этим, как правило, понимают механическую мощность, развиваемую на валу при номинальном режиме работы, для генератора — электрическую мощность, которую электрическая машина способна отдавать во внешнюю цепь. По номинальному напряжению электриче-

ские машины обычно условно разделяют на машины низкого напряжения — менее 100 В, машины среднего напряжения — от 100 до 1000 В и машины высокого напряжения — свыше 1000 В.

С начала 1950-х гг. заводы отечественной электротехнической промышленности приступили к выпуску электрических машин в виде единых общесоюзных серий. Машины одной и той же общесоюзной серии, независимо от того, какими заводами они выпускаются, объединены общностью конструктивных решений, а также максимальной унификацией узлов и деталей. Номинальные мощности этих машин соответствуют стандартному ряду мощностей, а важнейшие параметры (напряжение, частота вращения, установочные размеры, энергетические показатели) должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов.

В электроремонтных мастерских промышленных и сельскохозяйственных предприятий в основном приходится ремонтировать электрические машины мощностью от 0,5 до 100 кВт напряжением до 1000 В. Поэтому ремонту обмоток именно таких машин уделено основное внимание в настоящей книге.

1.2. Асинхронные машины

Самыми распространенными машинами переменного тока в настоящее время являются асинхронные электродвигатели. Благодаря простоте устройства, высокой надежности в работе, удовлетворительным рабочим характеристикам и сравнительно невысокой стоимости они широко применяются во всех отраслях народного хозяйства — в промышленности, в строительстве, в сельскохозяйственном производстве, на транспорте.

Устройство наиболее часто используемого трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором схематически показано на рис. 1.1. Неподвижная часть машины — статор (рис. 1.2*а*) — состоит из сердечника 1, обмотки 2 и корпуса (станины) 3. Сердечник статора (рис. 1.2*б*) является частью магнито-

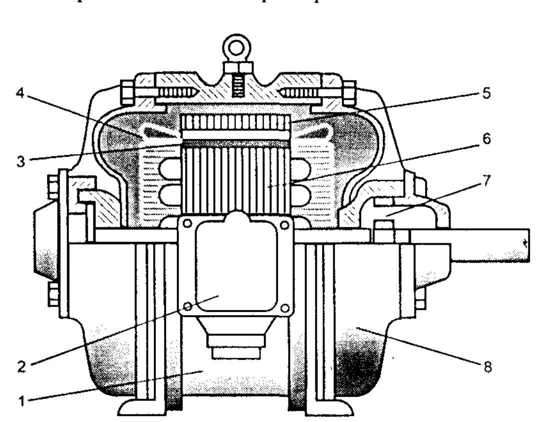


Рис. 1.1. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором: 1 — корпус; 2 — коробка выводов; 3 — воздушный зазор; 4 — обмотка статора; 5 — сердечник статора; 6 — сердечник ротора; 7 — подшипник; 8 — подшипниковый щит

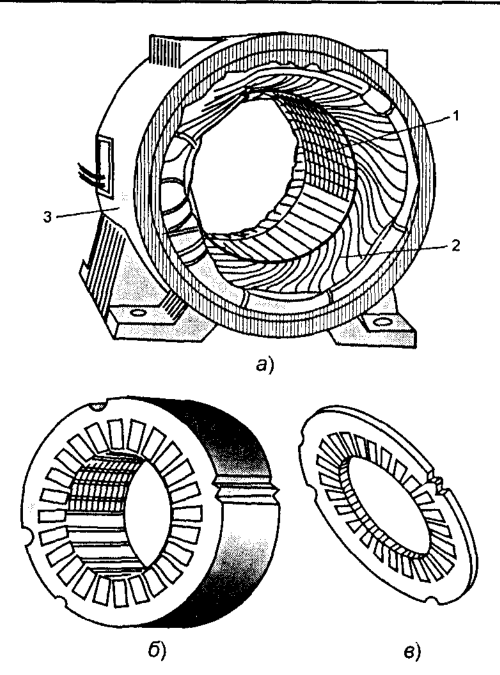


Рис. 1.2. Статор асинхронного электродвигателя: *а* — статор в сборе; *б* — сердечник статора; *в* — лист сердечника; 1 — сердечник; 2 — обмотка; 3 — корпус (станина)

провода машины, имеет форму полого цилиндра с равномерно расположенными на внутренней поверхности пазами осевого направления. Он представляет собой пакет, набранный и спрессованный из отдельных тонких листов электротехнической стали (толщиной 0,5 или 0,35 мм), отштампованных в виде колец с равномерно расположенными вдоль внутренней окружности выступами и впадинами, которые при сборке образуют пазы (рис. 1.2*в*). Листы до сборки в пакет с обеих сторон покрывают изоляционной пленкой (окалиной или лаком) для уменьшения вихревых токов, возникающих в сердечнике при работе машины, и снижения потерь энергии в ней.

В пазах сердечника размещают трехфазную обмотку, выполненную из изолированного медного (реже алюминиевого) провода.

Сердечник статора с обмоткой расположен (обычно запрессован) внутри корпуса, который отливают из чугуна или алюминиевого сплава. К корпусу статора крепятся два литых подшипниковых щита со сквозными центральными отверстиями для подшипников, в которых вращается вал ротора.

Концы обмотки статора присоединены к зажимам, расположенным в коробке выводов, укрепленной на корпусе двигателя (рис. 1.3*а*). Обычно выводят все шесть концов трехфазной статорной обмотки, так как это позволяет использовать двигатель при разных напряжениях сети, отличающихся в $\sqrt{3}$ раз (например, 380 и 220 В). Более высокому напряжению сети в этом случае соответствует соединение обмоток звездой, более низкому — треугольником (рис. 1.3*б*). Для упрощения таких переключений выводы (начала и концы) обмоток статора в коробке соответствующим образом маркируются и располагаются в определенном порядке.

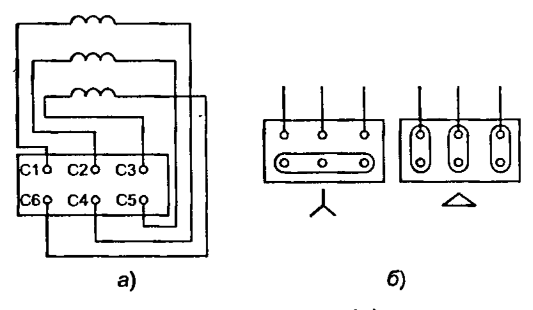


Рис. 1.3. Присоединение концов обмотки к зажимам (*а*) и соединение зажимов коробки при включении фазных обмоток звездой и треугольником (*б*)

Вращающаяся часть машины — ротор (рис. 1.4*а*) — состоит из сердечника, обмотки и вала. Сердечники статора и ротора разделены небольшим (обычно 0,1...0,4 мм) воздушным зазором.

Сердечник ротора 1 (рис. 1.4), являющийся частью магнитопровода, представляет собой спрессованный из отдельных тонких листов электротехнической стали пакет, имеющий форму цилиндра с продольными пазами по наружной поверхности и центральным отверстием для вала.

У двигателей с короткозамкнутым ротором роторная обмотка представляет собой вставленные в пазы сердечника неизолированные медные или алюминиевые стержни 3 (рис. 1.4), торцы которых с обеих сторон соединены короткозамыкающими кольцами 2 (рис. 1.4), выполненными обычно из того же материала, что и стержни. Такую короткозамкнутую обмотку называют также «беличьей клеткой» (рис. 1.4*б*). В двигателях мощностью до 100 кВт она чаще всего выполняется путем заливки пазов расплавленным алюминием под давлением (рис. 1.4*в*). Одновременно отливают стержни 3, короткозамыкающие кольца 2 и вентиляционные лопатки 5. Пазы сердечника в этом случае обычно делаются закрытыми, круглой или овальной формы.

У показанного на рис. 1.5 трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором статор устроен так же, как и у двигателя с короткозамкнутым

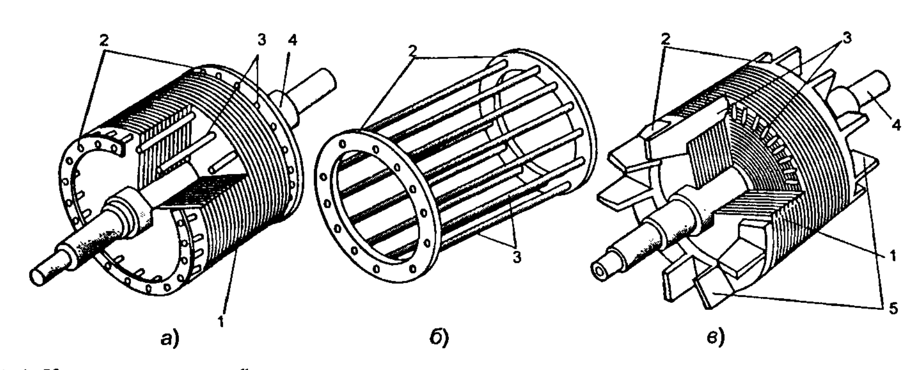


Рис. 1.4. Короткозамкнутый ротор асинхронного электродвигателя: *а* — с вставленными в пазы стержнями; *б* — «беличья клетка»; *в* — с обмоткой, выполненной заливкой алюминиевого сплава; 1 — сердечник ротора; 2 — короткозамыкающие кольца обмотки; 3 — стержни обмотки; 4 — вал; 5 — вентиляционные лопатки

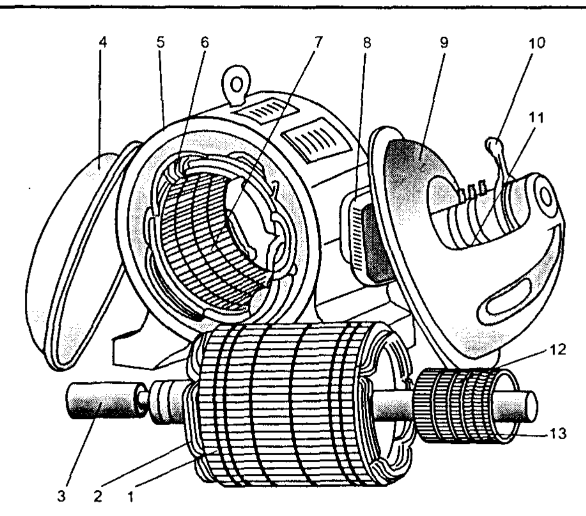


Рис. 1.5. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором: 1 — сердечник ротора; 2 — обмотка ротора; 3 — вал; 4 — подшипниковый щит со стороны привода; 5 — корпус статора; 6 — обмотка статора; 7 — сердечник статора; 8 — коробка выводов; 9 — подшипниковый щит со стороны контактных колец; 10 — рычаг короткозамыкающего приспособления; 11 — щеткодержатели внутри щита 9; 12 — контактные кольца; 13 — смещающееся вдоль вала кольцо короткозамыкающего приспособления

ротором, в то время как ротор имеет существенные конструктивные отличия. Сердечник 1 ротора представляет собой пакет цилиндрической формы, набранный и спрессованный из отдельных тонких штампованных листов электротехнической стали и насаженный на вал 3. На наружной поверхности сердечника имеются пазы, в которые укладывается трехфазная обмотка 2 из изолированного медного провода. Обмотка фазного ротора, выполняемая по таким же схемам, как и обмотка статора, соединяется, как правило, в звезду, а три ее свободных конца изолированными проводами, проходящими через просверленное внутри вала отверстие, выводятся к укрепленным на валу трем (обычно медным или латунным) контактным кольцам 12, электрически изолированными между собой и от вала. С вращающимися при работе двигателя контактными кольцами соприкасаются неподвижные щетки, установленные в щеткодержателях 11, которые закреплены на подшипниковом щите 9. К коробке выводов 8, расположенной на корпусе 5 двигателя, подведены шесть концов статора 6. Кроме того, отдельно выведены три конца роторной обмотки 2 (через контактные кольца и щетки). В цепь обмотки ротора, таким образом, можно включить пусковой или регулировочный реостат.

В некоторых выпускавшихся ранее конструкциях асинхронных электродвигателей с фазным ротором имелось короткозамыкающее устройство, состоящее из рычага 10 с вилкой и подвижного кольца 13, с помощью которых после окончания пуска двигателя и выведения из цепи роторной обмотки пускового реостата все три контактных кольца ротора на ходу электрически соединялись между собой, а щетки поднимались. В настоящее время такие электродвигатели не выпускаются.

Асинхронные электродвигатели с фазным ротором несколько сложнее по устройству, дороже и менее надежны, чем двигатели с короткозамкнутым ротором, поэтому их применяют значительно реже — в приводах с тяжелыми условиями пуска или с повышенными требованиями к их плавности, при необходимости регулирования частоты вращения и т. п.

Переход отечественной электротехнической промышленности на выпуск единых общесоюзных серий электротехнических машин был начат именно с асинхронных электродвигателей, как машин самого широкого, массового применения.

1.2.1. Первая единая серия

Первая единая серия асинхронных электродвигателей общепромышленного применения была внедрена в производство в начале 50-х гг. прошлого века. Электродвигатели этой серии получили обозначения А (брызгозащищенное исполнение) и АО (закрытое обдуваемое исполнение). Серия охватывает двигатели мощностью от 0,6 до 100 кВт на частоты вращения 3000, 1500, 1000 и 750 об/мин, причем шкала мощностей состояла из 14 ступеней (0,6 — 1,0 — 1,7 — 2,8 — 4,5 — 7,0 — 10 — 14 — 20 — 28 — 40 — 55 — 75 и 100 кВт). В состав серии вошли машины семи габаритов (габарит характеризует внешний диаметр сердечника статора) — с 3-го по 9-й, причем по две длины в каждом габарите, т. е. всего 14 типоразмеров.

Кроме электродвигателей основного исполнения, в состав первой единой серии вошел ряд их электрических модификаций и специальных исполнений: с повышенным пусковым моментом (обозначаются АП и АОП), многоскоростные (в обозначении указывается соответствующее число полюсов, например 8/6/4), с фазным ротором (АК). В связи с необходимостью экономии меди выпущены также электродвигатели с обмотками статора из алюминиевого обмоточного провода (в конце обозначения типа двигателей после указания числа полюсов ставится буква А).

Корпуса электродвигателей А и АО выполнены литыми из серого чугуна, а двигателей АОЛ (3-й и 4-й габариты) — из алюминиевого сплава. У брызгозащищенных двигателей (А) корпус имеет два боковых отверстия и одно внизу — для выхода охлаждающего воздуха (засасывается воздух через отверстия в подшипниковых щитах). Внутри корпуса сделаны четыре продольных ребра, на которых крепится сердечник статора с обмоткой. Корпуса двигателей закрытого обдуваемого исполнения (АО) имеют снаружи продольные ребра, увеличивающие поверхность охлаждения машины. Внутренняя поверхность корпусов двигателей этих типов механически обработана, но имеет продольные, получаемые при литье каналы, куда входят скобы, скрепляющие сердечник статора. Двигатели АО 7—9-го габаритов имеют каналы и для внутренней циркуляции воздуха.

Электродвигатели первой единой серии защищенного исполнения (рис. 1.6*а*) всех габаритов имеют на роторе с обеих сторон вентиляционные лопатки 3, расположенные на короткозамыкающих кольцах обмотки ротора и отливаемые заодно с нею.

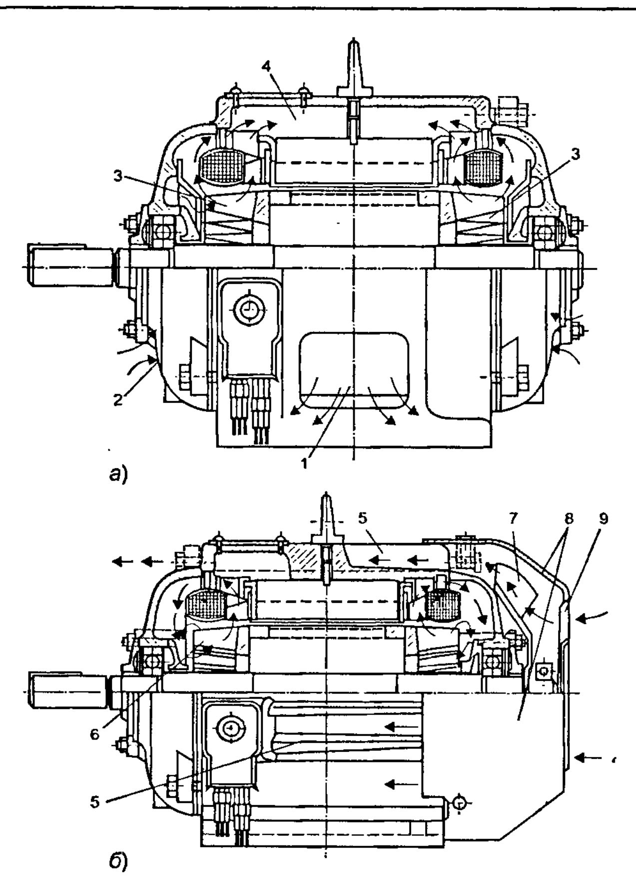


Рис. 1.6. Разрез и схема движения охлаждающего воздуха асинхронных электродвигателей первой единой серии (4-й габарит): *а* — двигатель защищенного исполнения (А); *б* — двигатель закрытого обдуваемого исполнения (АО); 1 — отверстие в корпусе для выхода охлаждающего воздуха; 2 — отверстие в подшипниковых щитах для входа охлаждающего воздуха; 3 — лопатки; 4 — продольное ребро корпуса для крепления сердечника статора; 5 — наружные охлаждающие ребра корпуса; 6 — лопатки вентилятора, перемешивающие воздух внутри машины; 7 — вентилятор наружного обдува; 8 — кожух вентилятора наружного обдува; 9 — отверстие в кожухе для засасывания охлаждающего воздуха

У электродвигателей закрытого обдуваемого исполнения (рис. 1.6*б*) на конец вала, противоположный рабочему, насажен внешний центробежный вентилятор 7, закрытый штампованным из стального листа кожухом 8, направляющим охлаждающий воздух на наружные ребра 5 корпуса. Кроме того, у таких двигателей 7—9-го габаритов имеется внутренний вентилятор, перемешивающий воздух внутри машины и способствующий более интенсивному отводу тепла.

Сердечники статоров электродвигателей первой единой серии собирались из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. При изготовлении сердечников листы набирались на оправку, спрессовывались, а пакет скреплялся скобами, которые приваривались к его наружной поверхности электро-

сваркой (пакеты статоров двигателей АОЛ заливались алюминиевым сплавом под давлением, без применения скоб). Чтобы скрепить пакет и предотвратить распушение зубцов, на торцах сердечника статора установлены утолщенные крайние листы и нажимные шайбы (кольца), скрепленные теми же скобами. В крайних торцевых и двух-трех соседних листах двигателей 6—8-го габаритов пазы имеют большие размеры, а зубцы выполнены без коронок. Для получения должной жесткости несколько таких листов сварены между собой точечной сваркой.

Обмотки статоров электродвигателей первой единой серии 3—5-го габаритов — однослойные концентрические, за исключением двухполюсных электродвигателей, имеющих двухслойную обмотку. У всех двигателей этой серии 6—9-го габаритов обмотки двухслойные.

Пакеты короткозамкнутых роторов двигателей 3—5-го габаритов напрессованы на накатанную (рифленую) поверхность вала без шпонки. У двигателей с фазным ротором (АК) листы сердечника ротора набраны непосредственно на вал со шпонкой, спрессованы между собой и удерживаются двумя нажимными шайбами, которые закреплены на валу пружинными кольцами, входящими в канавки вала. По торцам сердечника установлены утолщенные крайние листы, что предотвращает распушение зубцов.

Медные контактные кольца двигателей с фазным ротором закрыты съемным кожухом, имеющим в торце отверстие для входа, а внизу — отверстие для выхода охлаждающего воздуха. Сдвоенные щеткодержатели штампованы, клепаной конструкции, расположены под кожухом и крепятся на изолированном стержне.

Двигатели защищенного исполнения (А) в отличие от закрытых обдуваемых (АО) в коробке выводов не имеют колодки зажимов и выводы статорной обмотки выполнены в виде свободных проводов с наконечниками. У электродвигателей на напряжение 127/220 и 220/380 В выведены шесть проводов обмотки статора (три начала и три конца), а у двигателей на напряжение 500 В обмотка статора соединена в звезду и выведены лишь три свободных конца.

1.2.2. Вторая единая серия

Вторая единая серия асинхронных электродвигателей, заменившая первую, освоена промышленностью в 1961—1965 гг. Электродвигатели этой серии, получившие обозначение А2 (брызгозащищенное исполнение) и АО2 (закрытое обдуваемое исполнение), отличаются от двигателей первой единой серии более высокими КПД и $\cos\varphi$, меньшими размерами и массой при той же мощности, более полной унификацией узлов и деталей. Улучшение энергетических показателей и снижение электропотребления получены главным образом за счет применения для изоляции обмоток более теплостойких и тонких материалов.

Вторая единая серия асинхронных электродвигателей общепромышленного применения охватывает девять габаритов машин — с 1-го по 9-й. В каждом габарите — по две длины. Таким образом, серия содержит 18 типоразмеров двигателей. В диапазоне от 0,6 до 100 кВт шкала мощностей состоит из 18 ступеней: от 0,6 — 0,8 — 1,1 — 1,5 —2,2 — 3,0 — 4,0 — 5,5 — 7,5 — 10 — 13 — 17 — 22 — 30 — 40 — 55 — 75 — 100 кВт. Это на четыре ступени больше, чем у

первой единой серии, и позволяет полнее удовлетворить требования многих отраслей народного хозяйства. Расширена и шкала синхронной частоты вращения, у которой не четыре, а пять ступеней: 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин.

Вторая единая серия имеет семь электрических модификаций: с повышенным пусковым моментом (АОП2); с повышенным скольжением (АОС2 и АОЛС2); с фазным ротором (АОК2 и АК2); многоскоростные; с повышенными энергетическими показателями для текстильной промышленности (АОТ2); с алюминиевой обмоткой статора; для частоты 60 Гц (после полного обозначения типа добавляется число 60).

Кроме основных исполнений А2 и АО2, предусмотрено еще шесть специализированных:

- тропическое (Т);
- химостойкое (Х);
- влагоморозостойкое (В);
- малошумное (Ш);
- для станков нормальной (С1) и повышенной (С2) точности.

Указанные в скобках буквы и цифры добавляются после полного обозначения типа.

Электродвигатели второй единой серии А2 и АО2 могут иметь три конструктивных формы исполнения: на лапах, с двумя подшипниковыми щитами (1М1); на лапах, с фланцем на подшипниковом щите со стороны рабочего конца вала (1М2); без лап, с фланцем на подшипниковом щите со стороны рабочего конца вала (1М3).

Электродвигатели 1—5-го габаритов имеют только закрытое обдуваемое исполнение (АО2), а 6—9-го габаритов — как закрытое обдуваемое (АО2), так и защищенное (А2). Вентиляционная система второй единой серии несколько улучшена, что способствует более интенсивному охлаждению машин. Корпуса и подшипниковые щиты электродвигателей второй единой серии выполнены из чугуна, однако у двигателей 1—3-го габаритов типа АОЛ2 корпуса и подшипниковые щиты — из алюминиевого сплава.

Сердечники статоров двигателей имеют полузакрытые пазы. Статорные обмотки — всыпные, выполнены проводом марки ПЭТ (кроме двигателей специализированных исполнений), у двигателей 1—3-го и частично 4-го габаритов — однослойные, а у двигателей больших габаритов — двухслойные.

Электродвигатели рассчитаны на питание напряжением 220/380, 380 и 500 В. При тропическом исполнении применено напряжение 230/400 В.

На рис. 1.7 показана конструкция двигателей второй единой серии. Система обозначения типа двигателя как первой, так и второй единой серии — буквенно-цифровая. Например, обозначение АО-51-4 расшифровывается так: А — асинхронный, О — обдуваемый, первая цифра после букв — номер габарита, вторая цифра — номер длины, последняя цифра (после черточки) — число полюсов. Следовательно, указанное обозначение относится к входящему в состав первой единой серии трехфазному асинхронному электродвигателю с короткозамкнутым ротором, в закрытом обдуваемом исполнении, с сердечником 5-го габарита и первой длины, четырехполюсному.

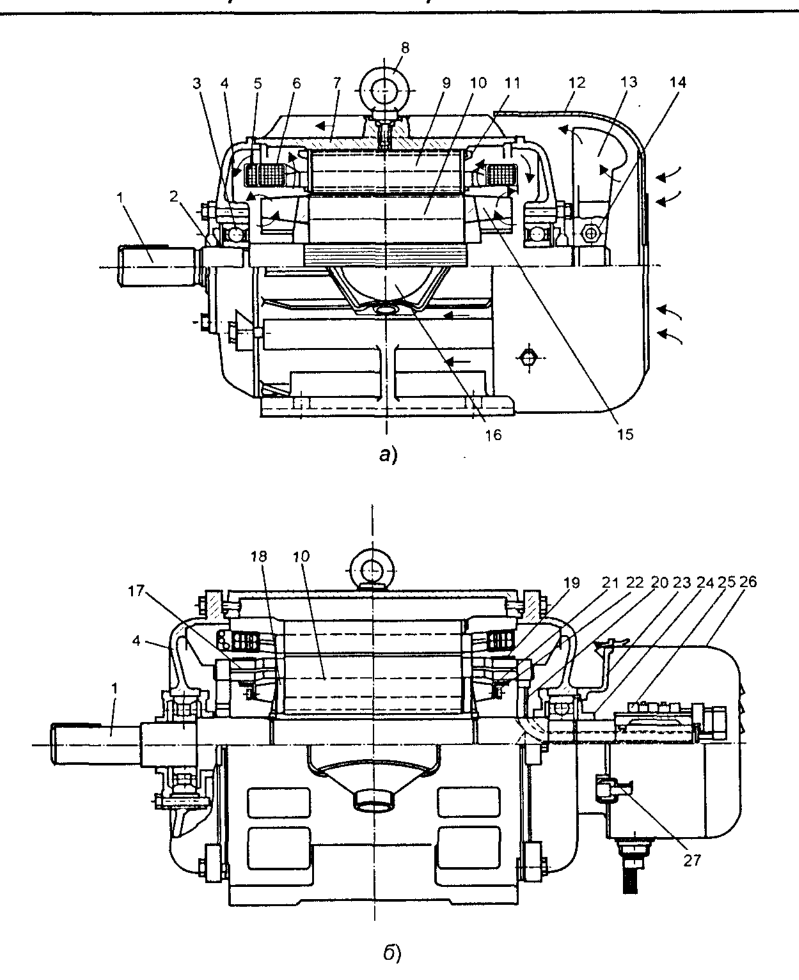


Рис. 1.7. Асинхронные электродвигатели второй единой серии: *а* — АО2-41; *б* — АК2-81; 1 — вал; 2 — крышка подшипника; 3 — подшипник; 4 — подшипниковый щит; 5 — выводные провода обмотки статора; 6 — катушка однослойной обмотки статора; 7 — корпус статора; 8 — подъемное кольцо (рым-болт); 9 — сердечник статора; 10 — сердечник ротора; 11 — скоба, стягивающая пакет сердечника статора; 12 — кожух вентилятора наружного обдува; 13 — вентилятор наружного обдува; 14 — болт крепления ступицы вентилятора на валу; 15 — лопатки вентилятора, перемешивающего воздух внутри машины; 16 — коробка выводов; 17 — обмотка ротора; 18 — нажимная шайба; 19 — бандаж лобовой части обмотки ротора; 20 — вывод от роторной обмотки к контактному кольцу; 21 — кольцо, поддерживающее лобовые части роторной обмотки; 22 — бобышки нажимной шайбы, к которым крепится поддерживающее кольцо; 23 — диск, на котором крепится ось щеткодержателя; 24 — наружная крышка подшипниковой камеры (прижимается диском 23); 25 — контактные кольца; 26 — съемный кожух контактных колец; 27 — замок съемного кожуха

Обозначение АО2-61-6 относится к входящему в состав второй единой серии трехфазному асинхронному электродвигателю с короткозамкнутым ротором, имеющему закрытое обдуваемое исполнение, с сердечником 6-го габарита и первой длины, шестиполюсному.

1.2.3. Единая серия 4 А

Единая серия 4 А, разработанная и внедренная в 1980-х гг. взамен прежних серий асинхронных электродвигателей общепромышленного применения, отражает дальнейший качественный рост отечественной электротехнической промышленности. Двигатели серии 4 А (рис. 1.8) выгодно отличаются от соответствующих электродвигателей прежних серий меньшими массой и габаритами, сниженным уровнем шума и вибраций, увеличенными пусковыми моментами, повышенной надежностью. Так, например, если в первой единой серии электродвигатель с короткозамкнутым ротором, имеющий закрытое обдуваемое исполнение и рассчитанный на мощность 4 кВт при синхронной частоте вращения 1500 об/мин, обладал массой 79 кг и кратностью пускового момента 1,4, то во второй единой серии масса такого двигателя была уменьшена до 60 кг, а кратность пускового момента увеличена до 1,5; в серии 4 А эти величины равны соответственно 40,5 кг и кратность пускового момента равна 2.

Улучшенные качества двигателей новой единой серии достигнуты благодаря применению в магнитопроводах лучшей электротехнической стали с меньшими удельными потерями и большей магнитной проницаемостью, использованию новых нагревостойких и высокопрочных материалов для электрической изоляции обмоток, а также усовершенствованию системы вентиляции. По технико-экономическим показателям и эксплуатационной надежности электродвигатели серии 4 А не уступали лучшим зарубежным образцам. Серия охватывает двигатели мощностью от 0,12 до 400 кВт и содержит все необходимые народному хозяйству модификации основного и специализированного исполнений по конструкции, условиям окружающей среды, способу монтажа и т. д.

Шкала мощностей двигателей серии 4 А в интервале от 0,55 до 110 кВт такова: 0,55 — 0,75 — 1,1 — 1,5 — 2,2 — 3,0 — 4,0 — 5,5 — 7,5 — 11 — 15 — 18,5 — 22 — 30 — 37 — 45 — 55 — 75 — 90 — 110 кВт. В указанном интервале мощностей шкала высот осей вращения содержит следующие значения: 63, 71, 80, 90, 110, 112, 132, 160, 180, 200, 225 мм.

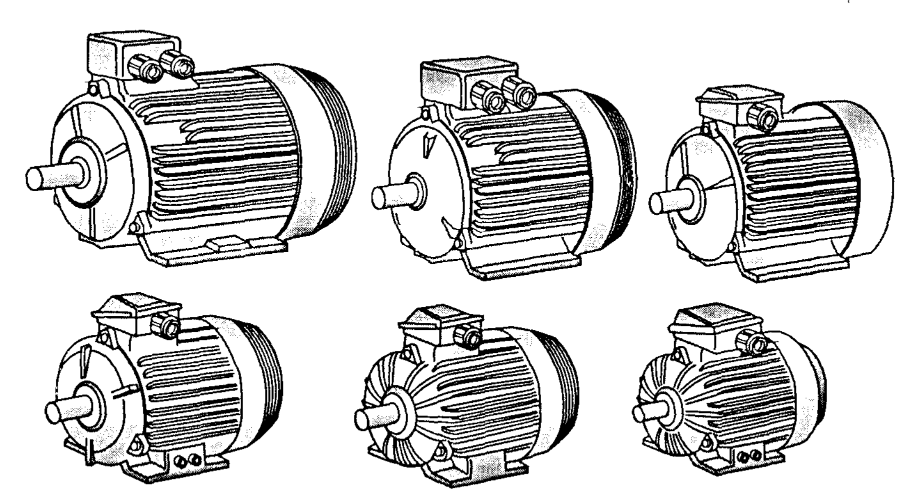


Рис. 1.8. Трехфазные асинхронные электродвигатели единой серии 4 А

Система обозначений в этой единой серии существенно изменена. На принадлежность электродвигателя к данной серии указывают символы 4 А (закрытое обдуваемое исполнение) или 4 АН (брызгозащищенное исполнение) в начале обозначения. Если после этого стоит еще одна буква А, то это означает, что корпус и подшипниковые щиты двигателя выполнены из алюминиевого сплава, а если стоит буква X, то двигатель имеет алюминиевый корпус и чугунные подшипниковые щиты (отсутствие буквы А или X означает, что корпус и подшипниковые щиты двигателя выполнены из чугуна). Затем в обозначении ставится буква, указывающая электрическую модификацию, например, С — соответствует двигателям с повышенным скольжением. Далее стоит число, означающее высоту оси вращения двигателя в миллиметрах. Следующие буквы указывают градации длины корпуса статора (L — длинный, М — средний, S — короткий) и сердечника (А — короткий, В — длинный). Затем дается число полюсов, причем если двигатель многоскоростной, то даются все значения числа полюсов, разделенные косыми линиями. Последующие дополнительные буквы указывают на то или иное специализированное исполнение (Н — малошумное, ВМ — влагоморозостойкое и др.).

Так, например, обозначение 4 А71 А4 относится к асинхронному электродвигателю единой серии 4 А, имеющему короткозамкнутый ротор, закрытое обдуваемое исполнение, чугунный корпус и подшипниковые щиты, высота оси вращения двигателя над плоскостью опоры — 71 мм, длина сердечника — короткая, двигатель четырехполюсный, исполнение — основное (неспециализированное). Обозначение 4 АХ71 В4 указывает, что этот двигатель в отличие от предыдущего имеет корпус из алюминиевого сплава, а сердечник магнитопровода — длинный. Обозначение 4 АХС90L4: это двигатель закрытого обдуваемого исполнения, с короткозамкнутым ротором, имеющий алюминиевый корпус и чугунные подшипниковые щиты, относится к электрической модификации с повышенным скольжением, высота оси вращения — 90 мм, корпус статора — длинный, число полюсов — 4, исполнение — основное. Двигатель 4 АХ90L4/2 относится к модификации многоскоростных, т. е. имеют обмотку статора, которая может переключаться с четырех на два полюса.

1.2.4. Крановые электродвигатели

Крановые электродвигатели серии МТ (с фазным ротором) и МТК (с короткозамкнутым ротором) предназначены для привода подъемных и других механизмов, которым свойственны кратковременные и повторно-кратковременные режимы работы с частыми пусками, торможениями и большими перегрузками, должны обладать не только весьма высокой механической прочностью, но и повышенной нагревостойкостью изоляции (класс В), особенно если учесть, что эти двигатели используются в металлургическом производстве, где они подвержены действию высокой окружающей температуры. Кроме того, удовлетворительная работа в указанных выше режимах требует пониженной инерционности вращающихся частей и повышенной перегрузочной способности, что может быть достигнуто с применением двигателя удлиненной формы.

На рис. 1.9*а* видны особенности конструкции этих машин. Двигатель имеет удлиненную форму и закрытое обдуваемое исполнение. Вентилятор 15 размещен со стороны рабочего конца вала. Выступающая часть вала 18 — конической формы, со шпонкой, с резьбой и гайкой 19 на конце. Такая конструкция позволяет плотно и надежно закреплять на валу муфту, соединяющую двигатель с приводным механизмом. Вал двигателя имеет повышенную прочность. Фазная

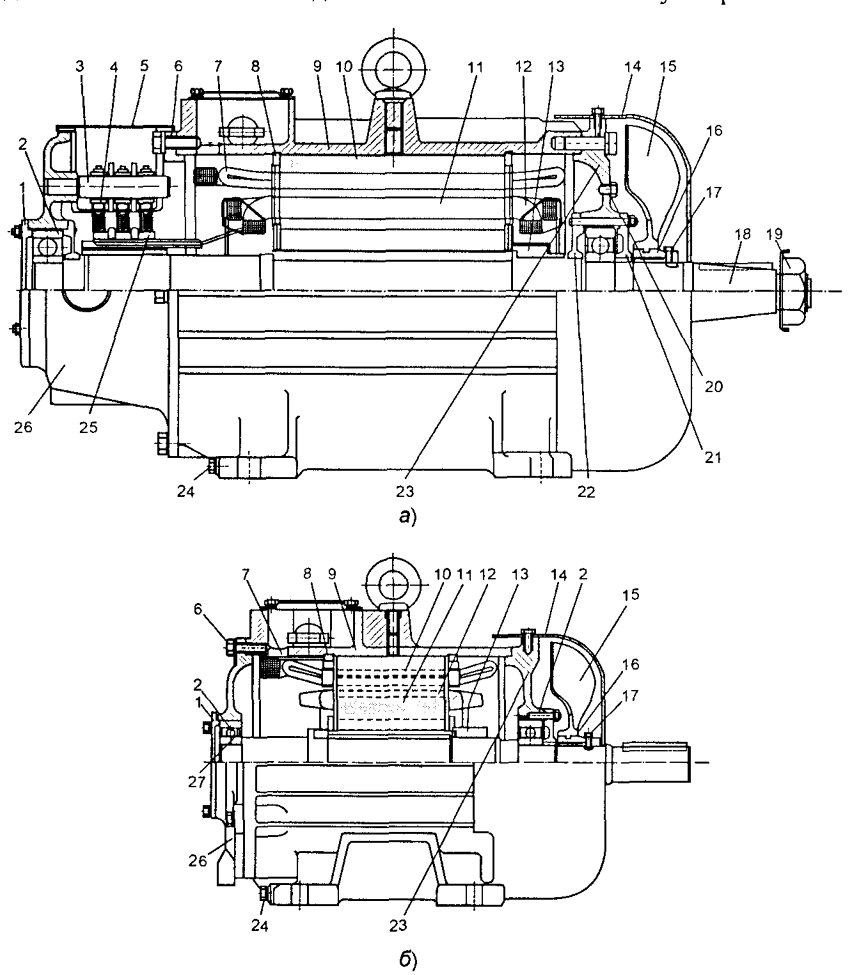


Рис. 1.9. Крановые асинхронные электродвигатели: *а* — МТ 41 с фазным ротором, *б* — МТК-11 с короткозамкнутым ротором; 1, 21 и 22 — крышки подшипниковых камер; 2 — подшипник; 3 — палец щеткодержателя; 4 — щеткодержатель; 5 — крышка окна в подшипниковом щите; 6 — болт крепления подшипникового щита; 7 — двухслойная обмотка статора; 8 — запорное кольцо сердечника; 9 — корпус статора; 10 — сердечник статора; 11 — сердечник ротора; 12 — обмотка ротора; 13 — втулка на валу, прижимающая сердечник ротора; 14 — кожух вентилятора; 15 — литой алюминиевый вентилятор; 16 — стальная втулка залитая в вентилятор; 17 — стопорный винт крепления вентилятора; 18 — конический рабочий конец вала со шпонкой; 19 — затяжная гайка; 20 — болт, закрывающий отверстие в подшипниковом щите для измерения воздушного зазора между статором и ротором; 23 и 26 — подшипниковые щиты; 24 — болт для присоединения заземления; 25 — контактные кольца; 27 — защитная шайба шарикоподшипников

обмотка ротора 12 плотно закреплена в пазах, а лобовые ее части удерживаются усиленными бандажами. Задний подшипниковый щит 26 находится не перед контактными кольцами, как у двигателей АК и АК2, а за ними, т. е. контактные кольца помещены внутри двигателя.

На рис. 1.9б показан общий вид кранового двигателя МТК с короткозамкнутым ротором. По конструкции он сходен с двигателем МТ, но не имеет контактных колец. У изображенного на рисунке двигателя 1-го габарита нет внутренних подшипниковых крышек, так как здесь применены шарикоподшипники 2 с защитной шайбой 27.

1.2.5. Электродвигатели повышенной частоты

Асинхронные электродвигатели повышенной частоты (чаще всего на 200 и 400 Гц) нашли широкое применение для привода электроинструментов (дрелей, электропил и др.), используемых во многих отраслях народного хозяйства: в строительном деле, на лесозаготовках, в сельскохозяйственном производстве и

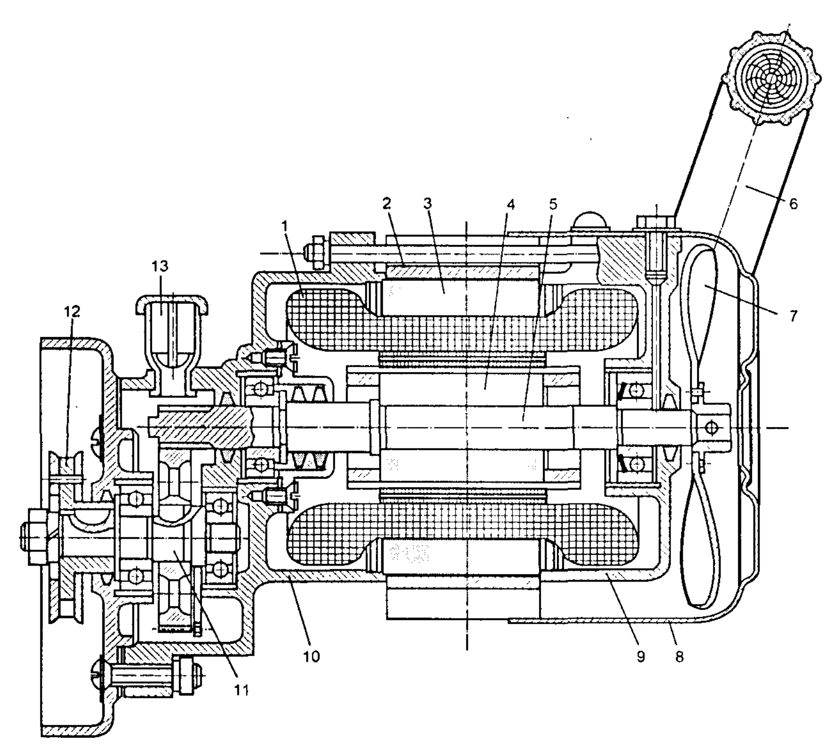


Рис. 1.10. Асинхронный электродвигатель повышенной частоты (200 Гц) для электропилы: 1 — обмотка статора; 2 — корпус статора; 3 — сердечник статора; 4 — сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой; 5 — вал; 6 — рукоятка электропилы, укрепленная на кожухе вентилятора; 7 — вентилятор пропеллерного типа; 8 — кожух вентилятора; 9 — задний подшипниковый щит; 10 — передний подшипниковый щит, совмещенный с корпусом редуктора; 11 — ведомая шестерня редуктора (ведущей шестерней является конец вала 5 с нарезанными на нем зубьями); 12 — ведущая звездочка пильной цепи; 13 — масленка редуктора

т. д. Это небольшие по мощности (до 3 кВт), размерам и массе (до 7 кг), но высокооборотные (на 6000, 12000 и даже 24000 об/мин) двигатели с короткозамкнутым ротором, обычно встраиваемые в электроинструмент и имеющие закрытое обдуваемое исполнение.

Электродвигатели повышенной частоты для электроинструмента выпускаются на напряжение 36, 42, 127 и 220 В. На рис. 1.10 показан в разрезе электродвигатель повышенной частоты (200 Гц) для переносной цепной электропилы. Электродвигатель имеет номинальную мощность 1,7 кВт и синхронную частоту вращения 12000 об/мин. Масса двигателя 5,5 кг.

Особенности конструкций таких двигателей: применение для магнитопроводов более тонких листов (толщиной 0,35 и 0,25 мм) электротехнической стали высокого качества, что связано со стремлением уменьшить потери энергии в магнитопроводе при повышенной частоте; применение прочной, влагостойкой и нагревостойкой (классов Е и В) изоляции обмотки статора 1, поскольку от качества изоляции зависит электробезопасность рабочего; применение легких алюминиевых и магниевых сплавов для корпусов 2, подшипниковых щитов 9 и 10, а также других конструктивных деталей; совмещение функций ряда узлов и деталей двигателя (например, передний подшипниковый щит 10 одновременно является корпусом редуктора, рабочий конец вала 5 является ведущей шестерней редуктора, кожух 8 вентилятора 7 служит для установки рукоятки 6 и др.).

1.2.6. Однофазные электродвигатели

Однофазные асинхронные электродвигатели мощностью от десятков ватт до нескольких киловатт нашли достаточно широкое применение в различного рода бытовых приборах, приводах вентиляторов бытового и производственного назначения, а также небольших станков. Их преимущество — возможность использования в таких местах и помещениях, где нет трехфазной сети, но подведена двухпроводная однофазная сеть.

Значительная часть однофазных асинхронных электродвигателей изготавливается на базе серийных трехфазных двигателей. Например, однофазные двигатели серии АВЕ изготавливаются на базе трехфазных встраиваемых двигателей АВ и т. д. В конструкции механической части и магнитопроводов таких двигателей нет каких-либо существенных отличий в сравнении с асинхронными электродвигателями трехфазного тока. Главное отличие — в конструкции, выполнении и подключении статорной обмотки. Для пуска однофазных асинхронных электродвигателей часто используют специальную пусковую обмотку, находящуюся на статоре вместе с основной рабочей обмоткой, но смещенной на некоторый угол по отношению к ней. Пусковая обмотка зачастую подключается к сети через конденсатор, а после пуска и разгона двигателя отключается. В ряде конструкций обе обмотки являются рабочими и на все время работы двигателя остаются включенными: одна — непосредственно в сеть, вторая — через конденсатор. У многих однофазных асинхронных двигателей в цепь обмотки, включенной в сеть через конденсатор, на время пуска подключается дополнительный (пусковой) конденсатор.

2. Схемы обмоток электрических машин

2.1. Виды обмоток электрических машин и способы их изображения

Важная составная часть электрической машины — ее обмотки, в которых происходят основные рабочие процессы по преобразованию энергии. В наиболее распространенных типах электрических машин можно выделить:

- трехфазные обмотки машин переменного тока, используемые обычно в статорах трехфазных асинхронных и синхронных машин, а также в роторах асинхронных двигателей с контактными кольцами;
- однофазные обмотки статоров асинхронных однофазных двигателей с короткозамкнутым ротором;
- обмотки якорей коллекторных машин постоянного и однофазного переменного тока;
- короткозамкнутые обмотки роторов асинхронных электродвигателей;
- обмотки возбуждения синхронных и коллекторных машин.

Обмотки возбуждения синхронных и коллекторных машин состоят, как правило, из сравнительно простых полюсных катушек. Несложным является и устройство короткозамкнутых обмоток роторов асинхронных двигателей. Остальные же виды перечисленных выше обмоток представляют собой достаточно сложные системы размещенных в пазах изолированных проводников, соединенных по особым схемам, требующим специального изучения.

Простейшим элементом обмотки является виток, который состоит из двух последовательно соединенных проводников, размещенных в пазах, находящихся, как правило, под соседними разноименными полюсами. Лежащие в пазах проводники витка являются его активными сторонами, поскольку именно здесь наводится ЭДС от главного магнитного поля машины. Находящиеся вне паза части витка, соединяющие между собой активные проводники и располагающиеся по торцам магнитопровода, называются лобовыми частями.

Проводники, образующие виток, могут состоять из нескольких параллельных проводов. Обычно к этому прибегают, чтобы сделать обмотку мягкой и облегчить ее укладку в пазы.

Один или несколько последовательно соединенных витков образуют катушку или секцию обмотки. Если секция состоит из одного витка, то такую обмотку называют стержневой, так как в этом случае находящиеся в пазах проводники обычно представляют собой жесткие стержни. Обмотка, состоящая из многовитковых секций, называется катушечной.

Катушка, или секция обмотки, характеризуется числом витков w_c и шагом y, т. е. количеством охватываемых ею зубцов магнитопровода. Так, например,

если одна сторона катушки (секции) лежит в первом пазу, а вторая — в шестом, то катушка охватывает пять зубцов и шаг ее равен пяти ($y = 5$). Шаг, таким образом, может быть определен как разность между номерами пазов, в которые уложены обе стороны катушки ($y = 6 - 1 = 5$). Зачастую в обмоточных данных и технической литературе шаг обозначают номерами пазов (начиная с первого), в которые уложены стороны катушки, т. е. в данном случае это обозначение выглядит так: $y = 1 - 6$.

Шаг обмотки называют диаметральным, если он равен полюсному делению τ, т. е. расстоянию между осями соседних разноименных полюсов, или, что то же самое, числу пазов (зубцов), приходящихся на один полюс. В этом случае $y = \tau = z/2p$, где z — число пазов (зубцов) сердечника, в котором размещена обмотка; $2p$ — число полюсов обмотки.

Если шаг катушки меньше диаметрального, то его называют укороченным. Укорочение шага, характеризуемое коэффициентом укорочения $k_y = y/\tau$, широко применяется в обмотках статоров трехфазных асинхронных электродвигателей, так как при этом экономится обмоточный провод (за счет более коротких лобовых частей), облегчается укладка обмотки и улучшаются характеристики двигателей. Применяемое укорочение шага обычно лежит в пределах 0,85—0,66.

В духполюсной электрической машине центральный угол, соответствующий полюсному делению, равен 180°. Хотя в четырехполюсных машинах этот геометрический угол равен 90°, в шестиполюсных — 60° и т. д., принято считать, что между осями соседних разноименных полюсов во всех случаях угол равен 180 электрическим градусам (180 эл. град.). Иначе говоря, полюсное деление τ = 180 эл. град.

Различают однослойные обмотки, где каждый паз занят стороной одной катушки (секции), и двухслойные, где в пазах размещены стороны разных катушек (секций) в два слоя.

Способы изображения обмоток электрических машин достаточно условны и своеобразны. Обмотки содержат большое число проводников, и изобразить все соединения и проводники на чертеже практически невозможно. Поэтому приходится прибегать к изображению обмоток в виде схем.

Преимущественно пользуются двумя основными способами изображения обмоток на схемах.

При первом способе цилиндрическую поверхность сердечника вместе с обмоткой (а у коллекторных машин — вместе с коллектором) как бы мысленно разрезают по образующей и разворачивают на плоскость чертежа. Такого типа схемы называются развернутыми, или схемами-развертками (рис. 2.1).

При втором способе обмотку как бы проектируют на плоскость, перпендикулярную оси сердечника, показывая вид обмотки с торца (для коллекторных машин обычно со стороны коллектора). Проводники (или активные стороны секций и катушек), расположенные в пазах па поверхности сердечника, изображают кружочками и показывают торцевые (лобовые) соединения обмотки. При необходимости изображают не только видимые с данной стороны торцевые соединения обмотки, но и размещенные с обратной стороны сердечника невидимые лобовые части, причем их изображение в этом случае выносится за окружность сердечника. Схемы такого типа называют торцевыми, или круговыми (рис. 2.2).

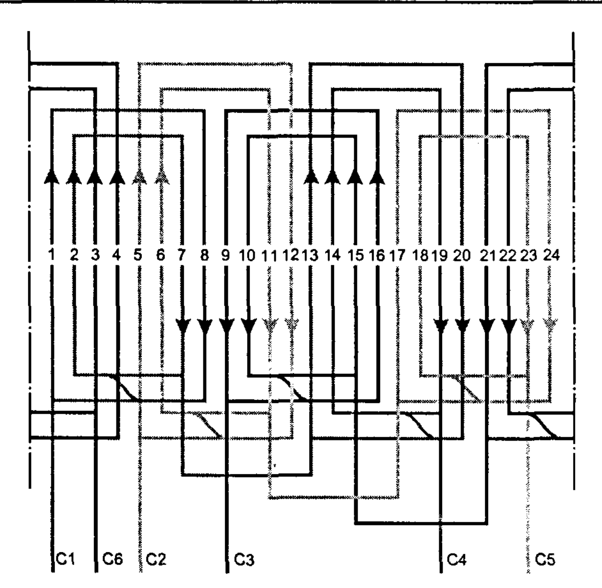


Рис. 2.1. Развернутая схема трехфазной однослойной концентрической обмотки с z = 24, $2p = 4$

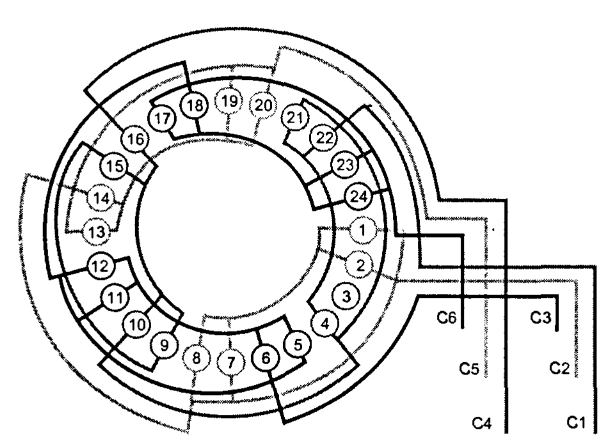


Рис. 2.2. Торцевая схема обмотки $m = 3$, z = 24, $2p = 4$

Наиболее распространены схемы, выполненные по первому способу. Они легче читаются и более наглядны. Для облегчения чтения и выполнения торцевых схем их выполняют упрощенным способом (рис. 2.3). Но даже после этого для обмотчика, не имеющего достаточного опыта работы с торцевыми схемами, они кажутся непонятными и неудобочитаемыми. В развернутых схемах расположение катушек и катушечных групп, соединение катушек и катушечных групп выглядит более реально и понятно.

Схемы дают достаточно четкое представление об устройстве и размещении на сердечнике всех элементов обмотки и соединений между ними. На схемах в основном изображают лишь проводники обмотки, стараясь по возможности

опустить все остальные детали, загромождающие схему и затрудняющие ее чтение. Необходимые дополнительные технические данные приводятся на схемах в виде надписей. Катушка, или секция на схеме изображается одной линией независимо от того, намотана она в один провод или в несколько параллельных проводов, состоит из одного витка или является многовитковой. На развернутой схеме секция или катушка изображаются в виде замкнутой, напоминающей действительную конфигурацию секции (катушки) фигуры, от которой ответвляются выводы.

Рис. 2.3. Торцевая схема при $2p = 4$, $a = 1$

В развернутых схемах двухслойных обмоток стороны катушек или секций, лежащие ближе к воздушному зазору, т. е. в верхнем слое паза, изображают сплошными линиями, а стороны, лежащие в нижнем слое, — штриховыми (пунктирными). Иногда (в книгах старых изданий) активные стороны катушек в обоих слоях паза изображают сплошными линиями, но те стороны, что лежат в верхнем слое, располагают слева, а те, что лежат в нижнем слое, — справа.

На схемах трехфазных обмоток провода разных фаз могут изображаться различающимися между собой линиями, например сплошными, штриховыми и штрихпунктирными, линиями разной расцветки или разной толщины, двойными линиями с разной штриховкой между ними.

На схемах обычно указывают номера пазов, номера коллекторных пластин, могут быть также обозначены номера секций и их сторон, номера и маркировка выводных концов катушечных групп, фаз обмотки, указаны направления токов, фазные зоны, полюса магнитного поля и т. д. (рис. 2.4—2.6).

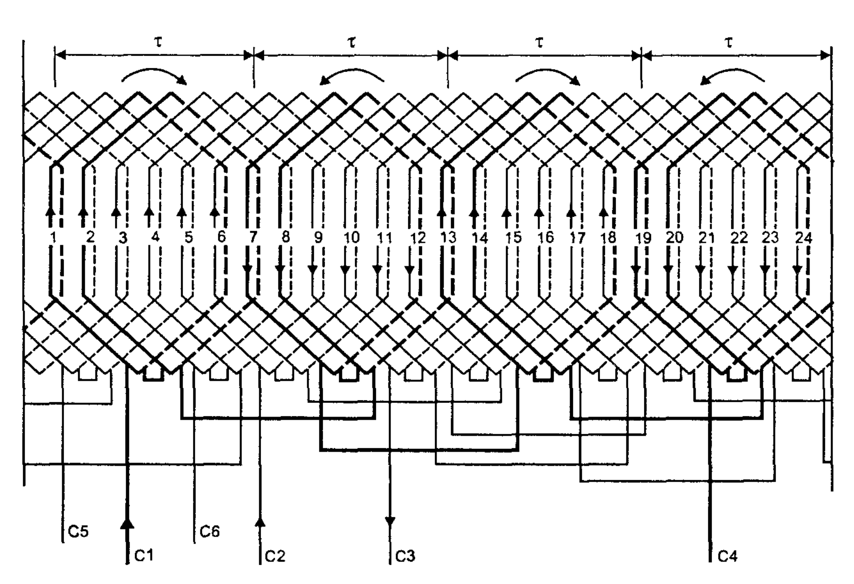


Рис. 2.4. Развернутая схема двухслойной обмотки при $z = 24$, $2p = 4$, $q = 2$

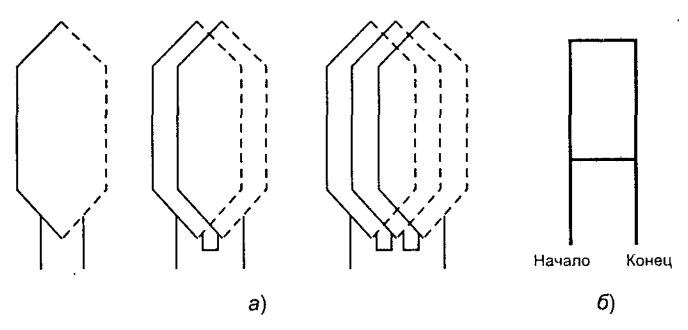


Рис. 2.5. Изображение катушечных групп на схемах: *а* — развернутой; *б* — условной

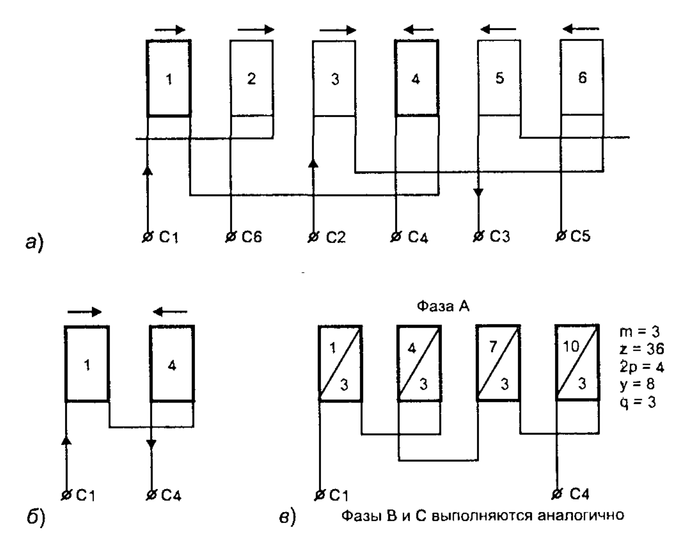


Рис. 2.6. Условные схемы двухслойной обмотки статора: *а* — для трех фаз при $2p = 2$; *б* — для одной фазы при $2p = 2$, в — для одной обмотки статора при $2p = 4$

Схемы необходимы не только при изучении принципа работы обмоток, их устройства, свойств и особенностей, но также и для выполнения обмоточных работ. Не имея схемы и не сверяясь с ней в процессе работы, трудно выполнить обмотку, поэтому перед началом ремонта обмотки надлежит составить ее схему или найти в справочнике аналогичную.

Следует отметить, что полные развернутые и торцевые схемы сложных многополюсных обмоток с большим числом пазов получаются очень громоздкими и трудными для чтения. В этих случаях в процессе выполнения обмоток, элементы которых повторяются, часто используют практические развернутые схемы, где изображена, например, лишь одна фаза (иногда часть фазы) трехфазной обмотки или несколько секций обмотки коллекторной машины. Широко используются также упрощенные торцевые схемы, где целые катушечные группы изображаются в виде части дуги с обозначениями выводов, а более мелкие элементы обмотки не изображают или изображают на схеме отдельно. Упрощенные торце-

вые схемы удобны при выполнении соединений между катушечными группами в сложных обмотках.

Пример изображения упрощенной торцевой схемы приведен на рис. 2.7. Катушечные группы на этих схемах изображаются в виде отрезка дуги Г (рис. 2.7а), выводов катушечных групп — в виде коротких линий радиального направления. За начало группы Н принимается обычно линия, расположенная снаружи окружности, второй вывод К является концом группы, началам присваиваются нечетные номера 1, 3, 5 и т. д., концам — четные 2, 4, 6 и т. д. Таким образом, начало первой группы обозначается цифрой 1, ее конец — 2, начало второй группы — 3, конец — 4 и т. д. Рисунок схемы сопровождается таблицей, в которой указаны данные обмотки, необходимые для ее укладки, и порядок соединения выводов катушечных групп (табл. 2.1).

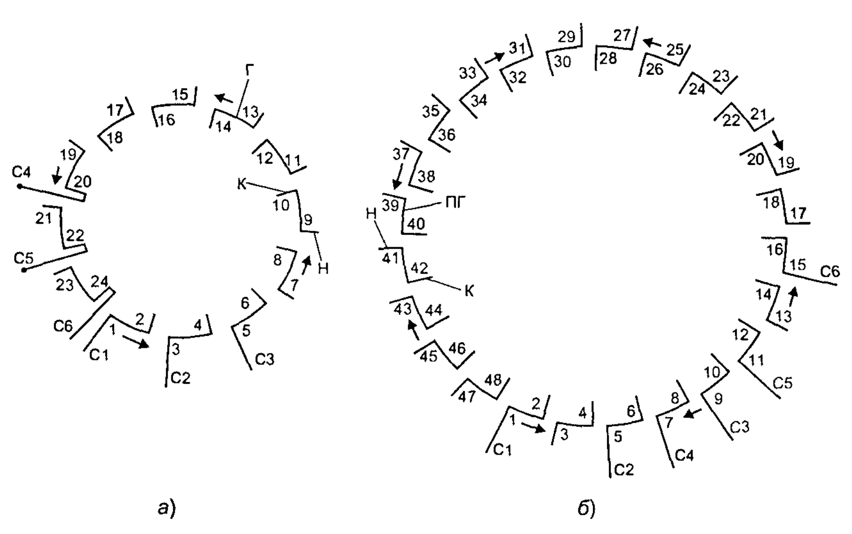


Рис. 2.7. Изображение и нумерация выводов катушечных групп однослойной обмотки статора при $2p = 8$, $q = 3$, $z = 72$, $y = 9$: *а* — при $n_г = 12$ (концентрическая обмотка); *б* — при $n_{пг} = 24$ (концентрическая обмотка вразвалку); Г, ПГ — изображение катушечных групп (полугрупп), Н, К — начало и конец группы (полугруппы)

Таблица 2.1. Выполнение соединений однослойных обмоток (рис. 2.7) статора с шестью еыеодами катушечных групп

$n_к$	α	Соединение катушечных групп (полугрупп) между собой и с выводами
		По рис. 2.7а
3	1	2 7; 4 9; 6 11; 8 13; 10 15; 12 17; 14 19; 16 21; 18 23
		1 С1; 3 С2; 5 С3; 20 С4; 22 С5; 24 С6
3	2	2 7; 4 9; 6 11; 14 19; 16 21; 18 23
		1 13 С1; 3 15 С2; 5 17 С3
		8 20 С4; 10 22 С5; 12 24 С6
3	4	17 13 19 С1; 3 9 15 21 С2; 5 11 17 23 С3
		17 13 19 С1; 3 9 15 21 С2; 5 11 17 23 С3

$n_к$	α	Соединение катушечных групп (полугрупп) между собой и с выводами
		По рис. 2.7б
1; 2; 1...	1	2 44; 4 10; 6 48; 8 14; 12 18; 16 22; 20 26; 24 30; 28 34; 32 38; 36 42; 40 46
		3 45; 13 19; 17 23; 21 27; 25 31; 29 35; 33 39; 37 43; 41 47
		1 C1; 5 C2; 9 C3; 7 C4; 11 C5; 15 C6
1; 2; 1...	2	2 44; 4 10; 6 48; 8 14; 12 18; 16 22; 20 26; 24 30; 28 34; 32 38; 36 42; 40 46
		3 45; 13 19; 17 23; 21 27; 37 43; 41 47
		1 25 C1; 5 29 C2; 9 33 C3
		7 31 C4; 11 35 C5; 15 39 C6
1; 2; 1...	4	2 44; 4 10; 6 48; 8 14; 12 18; 16 22; 20 26; 24 30; 28 34; 32 38; 36 42; 40 46
		1 13 25 37 C1; 7 19 31 43 C4
		5 17 29 41 C2; 11 23 35 47 C5
		9 21 33 45 C3; 3 15 27 39 C6

2.2. Схемы трехфазных обмоток

В трехфазных обмотках те катушки, активные стороны которых расположены под двумя соседними разноименными полюсами, обычно соединяют последовательно между собой в катушечные группы. Катушечные группы, как правило, образуют одну пару полюсов одной фазы обмотки.

Катушечные группы соединяют в фазы обмотки. Для образования фаз может быть использовано последовательное, параллельное или смешанное соединение катушечных групп между собой, однако при этом должно соблюдаться правильное чередование полюсов магнитного поля, создаваемого обмоткой.

Полюса можно определять по направлению тока в данной стороне катушки (условно принимая одно из направлений за какой-нибудь полюс, в таком случае противоположное направление — противоположный полюс). Так как ток переменный, то и полюс с частотой тока меняет свою полярность, поэтому на схемах удобнее пользоваться направлением тока в витках катушки, расположенных в данном пазу (рис. 2.8—2.12).

Все три фазы обмотки должны быть симметричными. Поэтому в каждой из них содержится равное количество катушек, одинаково соединенных между собой и симметрично расположенных в магнитном поле машины. Только при этом условии суммарные ЭДС в фазах будут равными по величине и сдвинутыми относительно друг друга на 1/3 периода, т. е. образуют симметричную трехфазную систему ЭДС. Фазы обмотки могут соединяться между собой в звезду или в треугольник.

Одной из важнейших характеристик трехфазных обмоток является показатель q, равный числу пазов, приходящихся на полюс и фазу:

$$q = \frac{z}{2pm},$$

где z — число пазов, в которых размещена обмотка; $2p$ — число полюсов магнитного поля; m — число фаз.

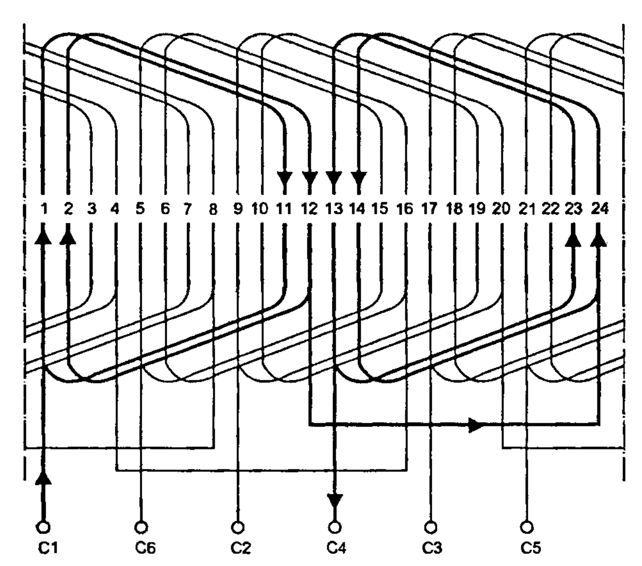


Рис. 2.8. Шаблонная обмотка вразвалку при $2p = 2$, $z = 24$, $q = 4$, $y = 10(1—11)$, а = 1

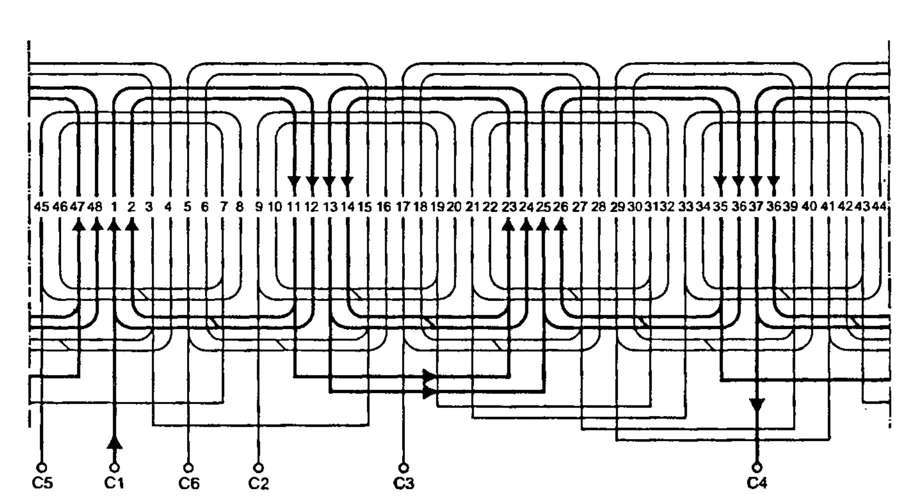


Рис. 2.9. Концентрическая обмотка вразвалку (трехплоскостная) при $2p = 4$, $z = 48$, $y = 11(1—12)$, $9(2—11)$, а = 1

Число q также показывает, из скольких катушек состоят катушечные группы данной обмотки. Так, если трехфазная ($m = 3$) четырехполюсная ($2p = 4$) обмотка расположена в 60 пазах ($z = 60$), то

$$q = \frac{z}{2pm} = \frac{60}{4 \cdot 3} = 5.$$

Такая обмотка будет иметь по пять катушек в каждой катушечной группе.

Если же в 60 пазах разместить трехфазную восьмиполюсную обмотку, то число пазов на полюс и фазу окажется не целым, а дробным $q = 60/(8 \cdot 3) = 2^1/_2$. Такие обмотки называются обмотками с дробным показателем q.

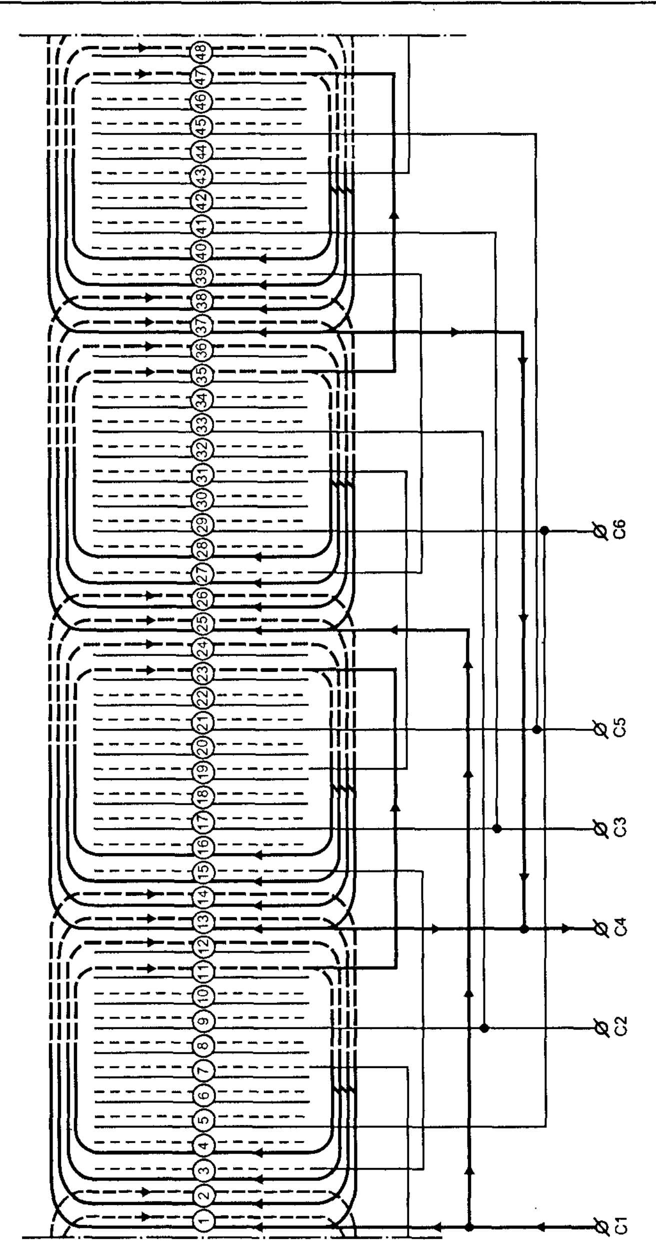


Рис. 2.10. Схема двухслойной концентрической обмотки при $2p = 4$, $z = 48$, $q = 4$, $y = 13(1—14)$, $11(2—3)$, $9(3—12)$, $7(4—11)$

Так как в каждой отдельной катушечной группе может быть лишь целое число катушек, то при дробном q катушечные группы в каждой фазе обмотки не будут одинаковыми, а будут содержать разное количество катушек. В этом случае число q показывает среднее количество катушек, приходящихся на одну катушечную группу. На рис. 2.12 изображена обмотка однофазного двигателя, у которого пусковая обмотка имеет дробное q.

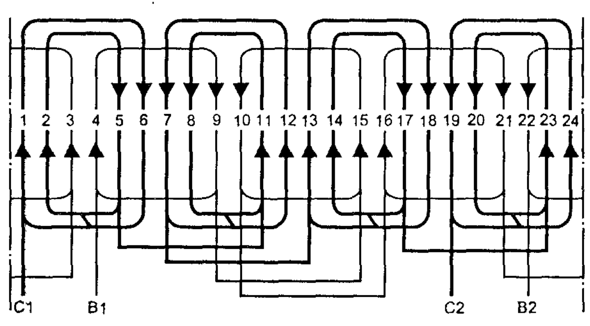


Рис. 2.11. Однослойная (концентрическая вразвалку) обмотка однофазного двигателя с пусковым элементом при $2p = 4$, $z = 24$

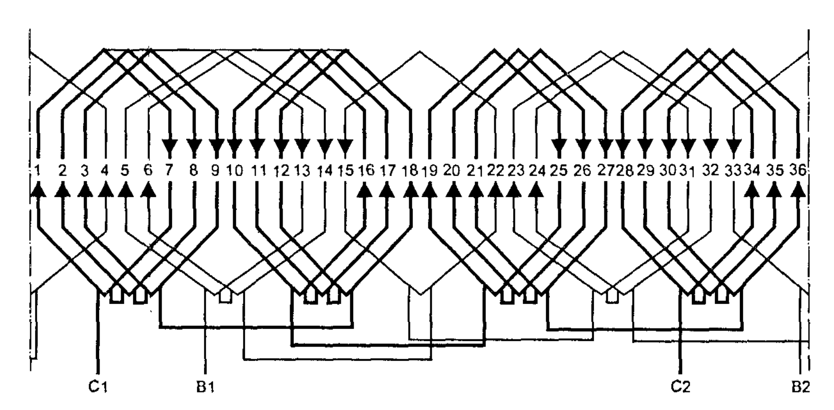


Рис. 2.12. Однослойная обмотка (шаблонная вразвалку) однофазного двигателя с пусковым элементом при $2p = 4$, $z = 36$

Обычные трехфазные обмотки выполняются как шестизонные. В таких обмотках пазы, занимающие два полюсных деления (360 эл. град.), распределяются на шесть частей — зон (по одной зоне на каждую фазу в пределах одного полюсного деления). Если обмотка выполнена с q, равным целому числу, и с диаметральным шагом $y = \tau$, то каждая зона шестизонной обмотки занимает 60 эл. град.

Для трехфазных обмоток существует следующее соотношение между частотой вращения магнитного поля машины, числом его полюсов и частотой тока в обмотке:

$$n = \frac{60}{f \cdot p},$$

где n — частота вращения магнитного поля, об/мин; p — число пар полюсов; f — частота проходящего по обмотке тока, Гц.

2.2.1. Однослойные концентрические обмотки

Однослойные концентрические обмотки широко применяются в асинхронных двигателях небольшой и средней мощности, в частности в асинхронных двигателях единой серии 3, 4 и 5-го габаритов. Это объясняется возможностью достигнуть хорошего заполнения пазов проводниковыми материалами, посколь-

ку не нужна изоляция между слоями обмотки, а также наличием на электромашиностроительных заводах соответствующих полуавтоматических станков, позволяющих механизировать операцию намотки.

Название типа обмотки — однослойная концентрическая — объясняется тем, что, во-первых, каждый из пазов, в котором располагается обмотка, занят полностью одной стороной катушки, т. е. стороны катушек уложены в пазах в один слой, а во-вторых, катушки, составляющие одну катушечную группу обмотки, имеют разную ширину и расположены так, что охватывают как бы концентрически одна другую.

В двигателях старого выпуска и при перемотке двигателей часто применяется всыпная концентрическая обмотка (рис. 2.13).

В новых двигателях обмотки рассматриваемого типа имеют лобовые части, расположенные в двух или трех ярусах (плоскостях). В соответствии с расположением лобовых частей различают двухплоскостные (двухъярусные) и трехплоскостные (трехъярусные) обмотки.

На рис. 2.14 представлены развернутая схема и торцевая схема расположения лобовых частей однослойной концентрической духплоскостной обмотки трехфазной ($m = 3$) четырехполюсной ($2p = 4$) машины, имеющей сердечник с 24 пазами ($z = 24$). Обмотка выполнена с последовательным соединением катушечных групп в фазе, т. е. без параллельных ветвей (число параллельных ветвей $a = 1$).

Что касается распределения катушечных групп по ярусам, то нетрудно видеть, что в одном и том же ярусе можно поместить лишь те катушечные группы, лобовые части которых не перекрещиваются между собой.

При показателе q, равном четному числу, однослойную концентрическую обмотку можно выполнить по-другому, изменив расположение половины катушек каждой катушечной группы, как показано на рис. 2.15, в этой обмотке $q = 4$. Лобовые части одной половины катушек каждой катушечной группы отогнуты вправо, а другой половины — влево. Такая обмотка называется концентрической обмоткой вразвалку. На схеме лобовые части катушек обмотки, выполненной вразвалку, располагаются как бы в трех плоскостях, поэтому такую обмотку часто называют трехплоскостной. При укладке обмотки в машину лобо-

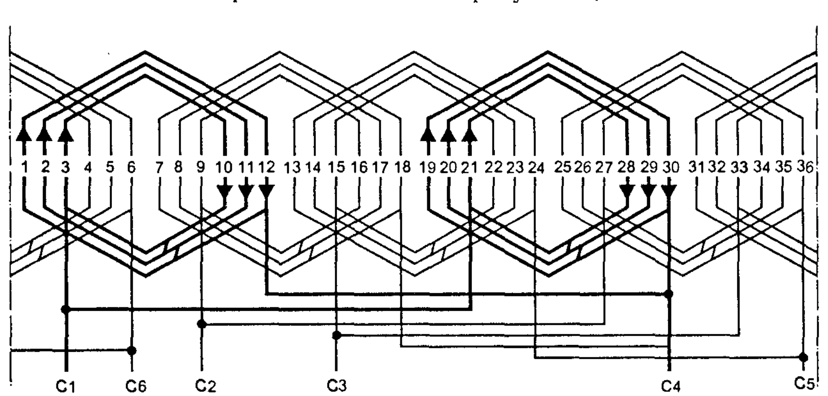


Рис. 2.13. Концентрическая обмотка статора при $2p = 4$, $z = 36$, $q = 3$, $a = 2$, $y = 11$; 9; 7 (1—12; 2—11; 3—10)

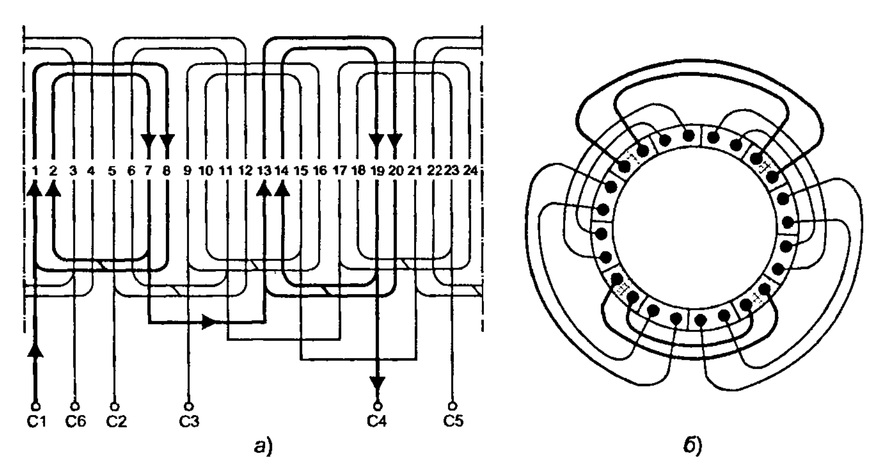


Рис. 2.14. Однослойная концентрическая двухплоскостная обмотка: *а* — развернутая схема, *б* — торцевая схема расположения лобовых частей

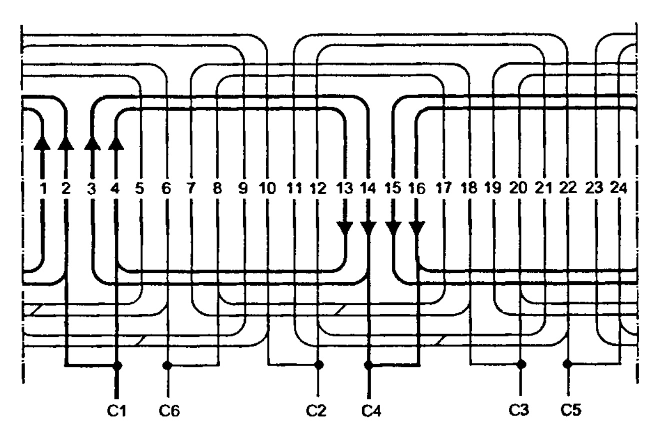


Рис. 2.15. Схема трехфазной однослойной концентрической обмотки вразвалку (трехплоскостная) с $z = 24$, $2p = 2$, $q = 4$, $a = 2$, $y = 11$; 9 (1—12; 2—11)

вые части всех катушек собираются так же, как и в обычной концентрической обмотке, в один пучок. Но при выполнении обмотки вразвалку толщина пучка получается меньшей. Такая обмотка несколько уменьшает длину вылета лобовых частей обмотки и, как следствие, концентрическая обмотка вразвалку широко применяется в современных электрических машинах.

2.2.2. Однослойные шаблонные (равнокатушечные) обмотки

Однослойные обмотки могут быть выполнены не только концентрическими катушками. Определенное на рис. 2.16, 2.17 направление токов в пазовых частях катушек может быть получено и при ином, чем в концентрических обмотках, типе соединений в лобовых частях. При этом уменьшается число катушек, имеющих разные размеры. Такой обмоткой является, например, равнокатушечная или, как ее часто называют, цепная, обмотка.

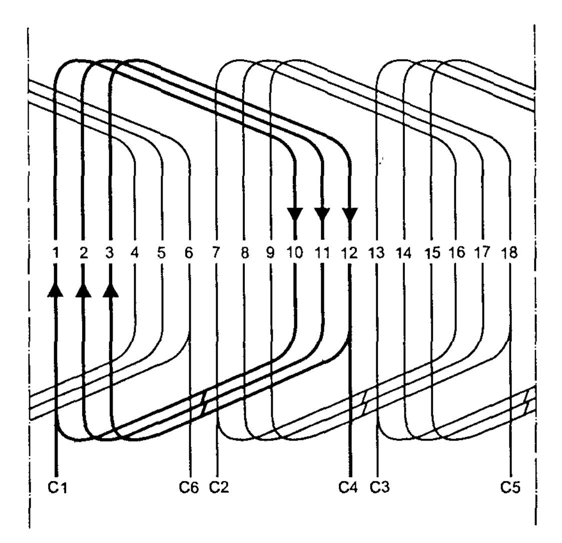


Рис. 2.16. Равнокатушечная обмотка статора при $2p = 2$, $z = 18$, $q = 3$, $a = 1$, $y = 9$ (1—10)

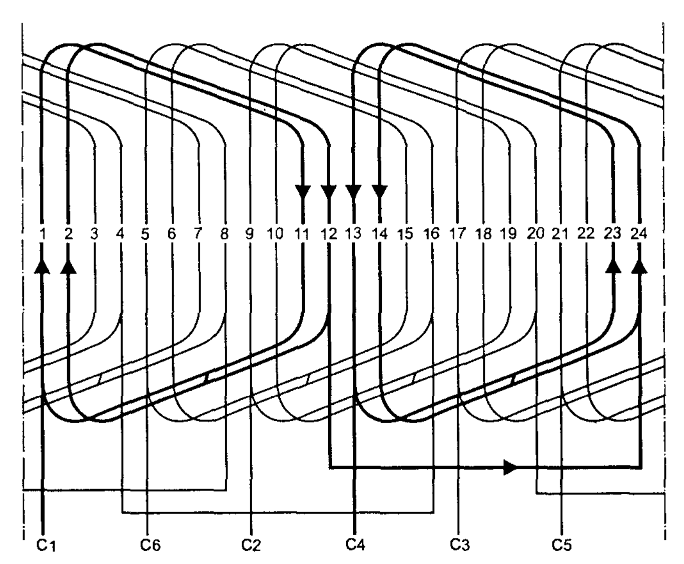


Рис. 2.17. Равнокатушечная обмотка статора вразвалку при $2p = 2$, $z = 24$, $q = 4$, $a = 1$, $y = 10$ (1—11)

Все катушки однослойной цепной обмотки имеют одинаковые размеры. Поэтому их изготовление проще, чем катушек концентрической обмотки, однако укладка катушек цепной обмотки в пазы сложнее. Это объясняется необходимостью изгибать лобовые части каждой катушки после укладки ее в пазы для того, чтобы освободить место для лобовых частей следующих за ней катушек. В электрическом отношении обе обмотки — концентрическая и равнокатушечная — равноценны, но из-за более сложной укладки в пазы цепные обмотки в новых машинах не применяются. Их можно встретить лишь при ремонте машин старых выпусков.

2.2.3. Двухслойные обмотки

Двухслойные петлевые обмотки с целым числом пазов на полюс и фазу широко применяются в статорах трехфазных машин переменного тока. Поскольку эти обмотки двухслойные, то в каждом пазу сердечника в два слоя располагаются активные строны двух катушек, причем сторона одной катушки — на дне паза (нижний слой), а второй катушки — поверх нее, т. е. в части паза, прилегающей к воздушному зазору (верхний слой). Лобовые части каждой катушки тоже занимают два слоя, а переход из одного слоя в другой осуществляется в лобовых частях катушек. Петлевой обмотка называется потому, что при обходе ее по схеме приходится как бы вилять то вперед, то назад.

Двухслойные петлевые обмотки дают возможность получить любое укорочение шага. Поэтому здесь можно выбрать любой шаг обмотки, наиболее благоприятный для данной машины, что позволяет добиться хороших электрических свойств двигателей при одновременном сокращении расхода обмоточной меди.

На рис. 2.18 приведены схемы двухслойных петлевых обмоток статора.

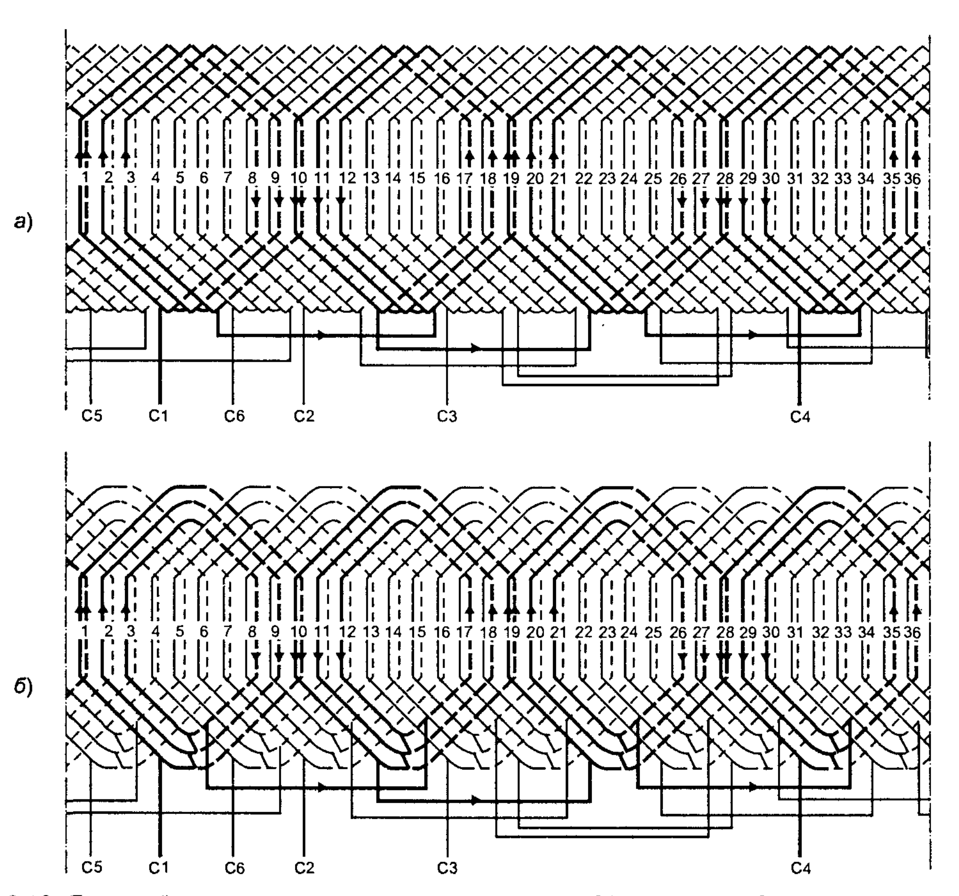


Рис. 2.18. Двухслойная петлевая обмотка статора при z = 36, $2p = 4$, $q = 3$, a = 1; *а* — обычная двухслойная обмотка с шагом y = 7; *б* — двухслойная концентрическая обмотка с шагами $y = 9$; 7; 5(1—10; 2—9; 3—8)

2.2.4. Одно- и двухслойные обмотки

Одно- и двухслойные обмотки, как и двухслойные концентрические, выполняются из катушечных групп с концентрическими катушками с укороченным шагом. Также применяются для обмоток тихоходных двигателей с малым числом пазов (дробное q). Отличие состоит в том, что одно- и двухслойные катушки, которые располагаются в пазах, не имеющих катушек других фаз, выполняются как однослойные (рис. 2.19 и 2.20). Такой смешанный тип обмотки позволяет произвести укладку более просто. Этот способ удобен для двухполюсных машин, особенно при малом диаметре расточки статора, когда отгиб большого числа сторон в расточку при закладке катушек последнего шага затруднен.

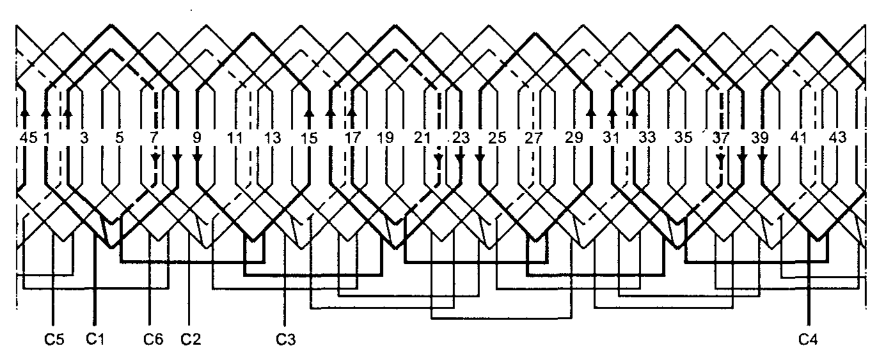


Рис. 2.19. Одно- и двухслойная обмотка при $2p = 6$, $z = 45$, $q = 2^1/_2$, $a = 1$, $y = 7$; 5; 6 (1—8; 2—7; 1—7)

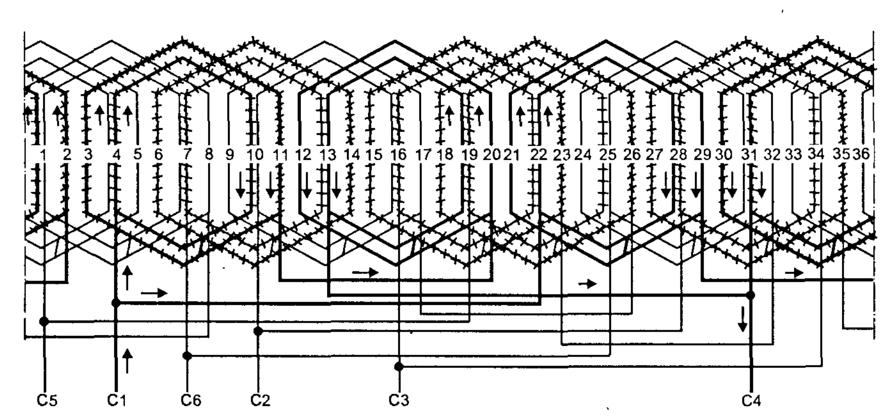


Рис. 2.20. Одно- и двухслойная обмотка вразвалку при $2p = 4$, $z = 36$, $a = 2$, $y = 8$; 6 (1—9; 2—8)

2.2.5. Обмотки многоскоростных двигателей

Во многих механизмах требуется изменять скорость в процессе работы. Чаще всего для привода таких механизмов используются двигатели постоянного тока, но в ряде случаев применяют также и асинхронные двигатели как более дешевые и надежные.

Частоту вращения асинхронного двигателя можно определить по формуле:

$$n = n_1(1 - s) = \left(\frac{60f}{p}\right)(1 - s).$$

Из этой формулы следует, что частоту вращения асинхронного двигателя можно регулировать, изменяя частоту f питающего тока, скольжение s или число пар p полюсов двигателя. На практике применяют все три способа регулирования. Изменение частоты тока возможно с помощью статических преобразователей частоты. Скольжение меняют путем включения активного сопротивления в цепь фазного ротора. Число полюсов обмотки можно изменить в двигателях, имеющих обмотки, соединенные в специальные схемы. Такие двигатели называют многоскоростными, а их обмотки — полюсно-переключаемыми.

Переключение числа пар полюсов обмотки асинхронного двигателя — простой и распространенный метод регулирования, так как не требуется дополнительного оборудования и в то же время обеспечивается работа двигателя с достаточно высокими энергетическими показателями на разных частотах вращения. Он широко применяется на практике, несмотря на то, что частота вращения этим методом изменяется только ступенями. Частота вращения поля в машине

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

При токе промышленной частоты $f = 50$ Гц она равна 3000 об/мин при $2p = 2$; 1500 об/мин при $2p = 4$; 1000 об/мин при $2p = 6$ и т. д.

Частота вращения двигателя при переключении его обмотки на разное число полюсов меняется в таком же соотношении. Изменения числа полюсов статора можно достичь двумя способами: установкой в пазы статора двух независимых обмоток, выполненных на разные числа полюсов, или переключением схемы соединения катушечных групп одной обмотки.

Первый способ дает возможность получить любые соотношения между числами полюсов и, следовательно, между частотами вращения двигателя. Недостатком такого способа регулирования является неполное использование объема пазов статора, так как в пазы укладываются обе обмотки, а двигатель работает только на одной из них. Вторая обмотка в это время отключена, и занятая ею часть объема пазов не используется. Это вызывает необходимость увеличить размеры пазов и всего двигателя по сравнению с односкоростным той же мощности.

Второй способ изменения числа полюсов основан на изменении направления магнитных потоков в машине путем переключения схемы обмотки. На рис. 2.21*а* на поперечном сечении машины с $2p = 2$ условно показано положение двух катушечных групп (1 и 4), принадлежащих одной фазе в двухполюсной обмотке. Стрелками отмечено направление магнитных силовых линий потока машины. На схеме соединения катушечных групп этой фазы также стрелками отмечено направление обтекания их током. Причем направление стрелки над катушечной группой вправо (1-я катушечная группа) соответствует направлению силовых линий потока от центра, а влево (4-я катушечная группа) — к центру. При таком соединении катушечных групп обмотка образует два полюса. На рис. 2.21*б* такое

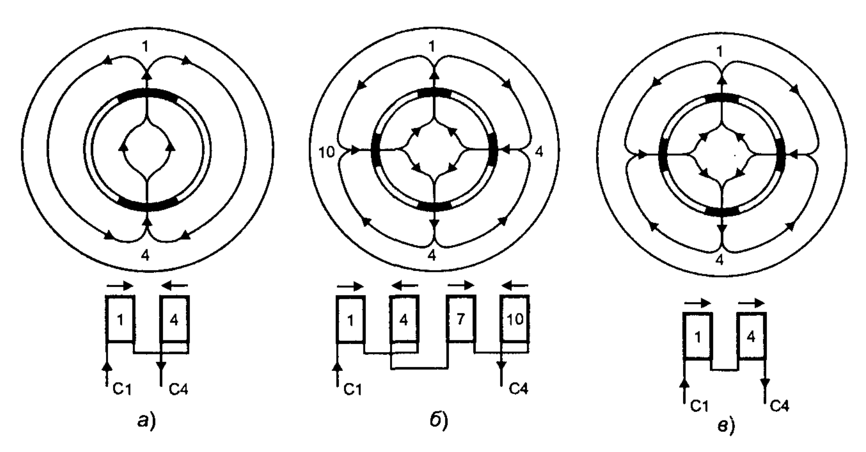


Рис. 2.21. Направление потока в магнитопроводе и условные схемы обмотки одной фазы машины: *а* — с двумя катушечными группами при $2p = 2$; *б* — с четырьмя катушечными группами при $2p = 4$; *в* — с двумя катушечными группами при $2p = 4$

же построение полюсов проделано для четырехполюсной машины, одной фазе обмотки которой принадлежат 1, 4, 7 и 10-я катушечные группы. При встречном включении четырехкатушечных групп, т. е. при принятой в обычных двухслойных обмотках схеме, обмотка образует четыре полюса: два одной и два другой полярности. Такую же картину поля можно получить и при двух катушках в одной фазе обмотки, если их включить не встречно, а согласно, как показано на рис. 2.21*в*. Сравнив между собой направления потоков и схемы обмоток, видим, что изменение направления тока в одной катушечной группе фазы двухполюсной обмотки приводит к увеличению числа полюсов с двух до четырех, т. е. в два раза. Если таким же образом изменить схему соединений двух (4-ю и 10-ю или 1-ю и 7-ю) катушечных групп четырехполюсной машины, то распределение потока будет таким же, как и в машине с $2p = 8$. Таким образом, изменение направления включения половины катушечных групп в схеме двухслойной обмотки приводит к увеличению числа полюсов машины в два раза.

Этот принцип используется во всех двухскоростных асинхронных двигателях с отношением чисел полюсов 1:2, например в двигателях с переключением чисел полюсов с $2p = 2$ на $2p = 4$ или с $2p = 4$ на $2p = 8$.

В коробке выводов многоскоростных двигателей шесть зажимов, к которым подсоединены соответствующие выводы обмоток (рис. 2.22*а*). Они обозначаются так же, как и выводы обычных обмоток, но перед обозначением ставится число, указывающее, сколько полюсов будет иметь обмотка, если эти выводы подключены к сети. Для работы двухскоростного двигателя на $2p = 2/4$ с числом полюсов $2p = 2$ с сетью соединяются выводы 2С1, 2С2 и 2С3 (рис. 2.22*б*); выводы 4С1, 4С2 и 4С3 соединены между собой накоротко. Обмотка при этом соединяется в звезду с двумя параллельными ветвями. Если с сетью соединены выводы 4С1, 4С2 и 4С3, а выводы 2С1, 2С2 и 2С3 разомкнуты (рис. 2.22*в*), то обмотка образует четыре полюса и соединяется в треугольник при $a = 1$.

Следует отметить, что многоскоростные обмотки используют, как правило, в статорах асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, так как в них

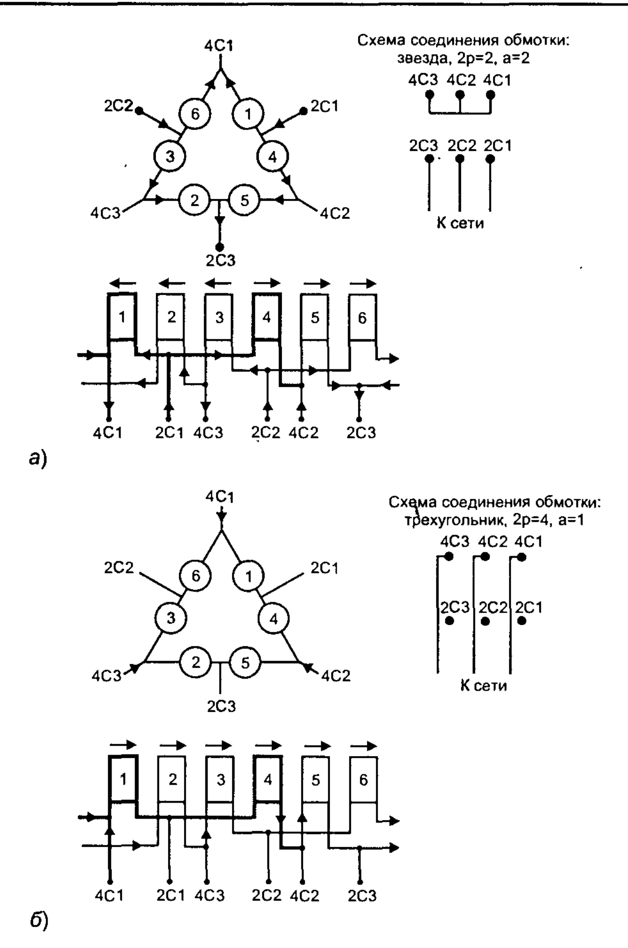


Рис. 2.22. Схема включения обмотки на разные числа полюсов и направления токов в катушечных группах: *а* — $2p = 2$; *б* — $2p = 4$

нет необходимости в переключении роторной обмотки, что чрезмерно бы усложнило машину.

На рис. 2.23 показана схема двухслойной петлевой двухскоростной обмотки, переключающейся с восьми на четыре полюса ($2p = 8/4$). При этом схема соединения фаз обмотки меняется с треугольника на двойную звезду (Δ/YY). Обмотка размещена в 36 пазах ($z = 36$), шаг обмотки $y = 5$, (1 – 6). При включении обмотки на восемь полюсов шаг ее является удлиненным, так как $\tau_8 = z/(2p) = 36/8 = 4^1/_2$ (т. е. $y > \tau_8$). Когда же обмотка включается на четыре полюса, полюсное деление становится равным девяти ($\tau_4 = 36/4 = 9$), в этом случае шаг обмотки лишь немногим больше половины полюсного деления, т. е. сильно укорочен.

Изменить число полюсов двигателя можно не только при укладке на статоре одной многоскоростной обмотки, но также и при размещении в пазах статора двух разных обмоток. Комбинация этих способов дает возможность получать двигатели с достаточно большим числом ступеней регулирования скорости. Обычно двухскоростные двигатели с изменением числа полюсов вдвое ($2p = 4/2$; $8/4$; $12/6$) имеют на статоре одну двухслойную переключающуюся обмотку. Если же

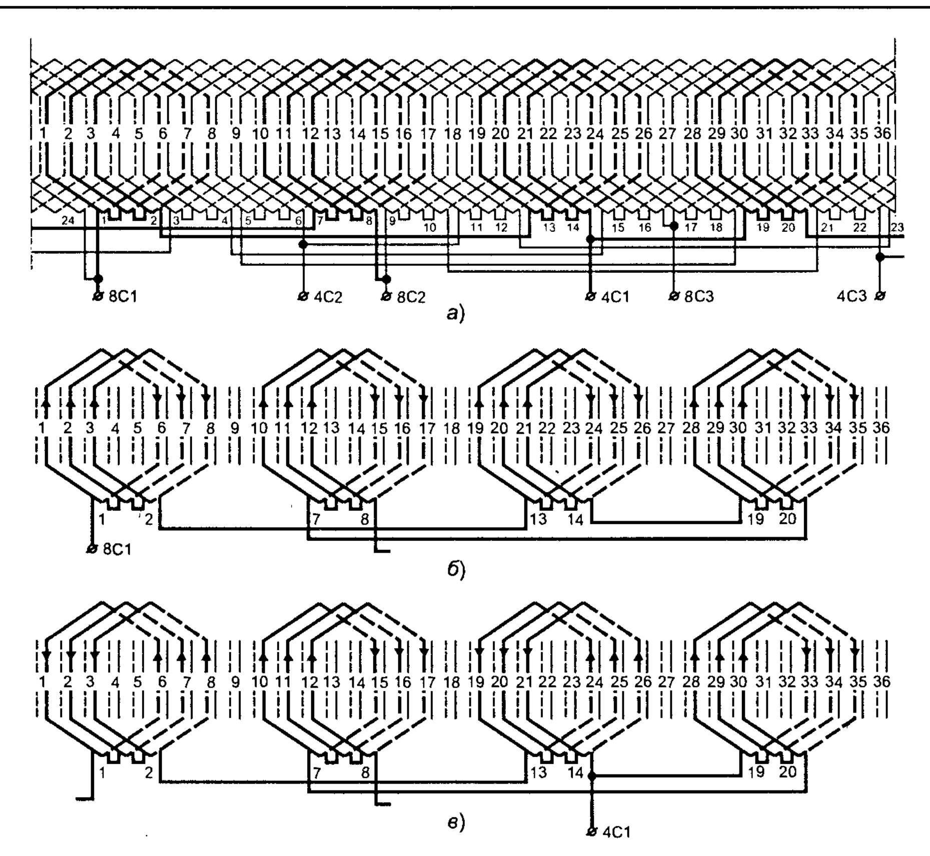


Рис. 2.23. Развернутая схема двухслойной двухскоростной обмотки ($z = 36$, $2p = 8/4$, $a = 1$. Соединение фаз Δ/YY): *а* — общая развернутая схема; *б* — включение обмотки на $2p = 8$ (показана одна фаза); *в* — включение обмотки на $2p = 4$ (показана одна фаза)

число полюсов двухскоростного двигателя меняется не в два раза (например, при $2p = 6/4$), то двигатель, как правило, имеет две отдельные обмотки, расположенные в одних и тех же пазах. В этом случае обмотки обычно выполняются однослойными, с концентрическими катушками и последовательным соединением катушечных групп ($a = 1$), а фазы соединяются в звезду, чтобы избежать замкнутых контуров при включении в сеть второй обмотки.

Двигатели на три и четыре скорости (частоты вращения) также имеют две отдельные обмотки. При трех скоростях (частотах вращения) одна из обмоток переключается с отношением чисел полюсов 1:2, а промежуточное число полюсов получают за счет второй обмотки. У четырехскоростных двигателей каждая из двух обмоток переключается на два разных числа полюсов, например, одна обмотка — с 12 на 6 полюсов ($2p = 12/6$), а вторая — с 8 на 4 ($2p = 8/4$).

В новых сериях асинхронных двигателей применяют более сложные схемы полюснопереключаемых обмоток, которые позволяют изменять число полюсов и в соотношениях, отличных от 1:2. В серии 4 А выпускаются, например, двигатели с одной полюснопереключаемой обмоткой на $2p = 4/6$ или $2p = 6/8$ полюсов и т. д. Количество выводных проводов и их обозначения остаются такими же, как и в ранее рассматриваемых схемах.

2.3. Схемы обмоток одно- и двухфазных двигателей

Однофазные асинхронные электродвигатели мощностью до 1 кВт, редко до 2 кВт, широко применяются в условиях, когда имеется только однофазная сеть, например для привода механизмов различных приборов, электрифицированного инструмента, в бытовых механизмах и т. п. Если обмотку двигателя питать однофазным током, то электромагнитное поле в нем будет не вращающимся, как в трехфазных машинах, а пульсирующим, энергетические показатели станут хуже, чем у трехфазных, а пусковой момент будет равен нулю, т. е. двигатель без специальных устройств не будет запускаться. Поэтому в статорах однофазных двигателей устанавливают две обмотки, которые часто называют также фазами обмотки. Одна из них — главная, или рабочая, другая — вспомогательная. Обмотки располагаются по пазам статора так, что их оси сдвинуты относительно друг друга в пространстве на электрический угол 90° (рис. 2.24). Если фазы токов обмоток будут не одинаковы, т. е. сдвинуты во времени, то электромагнитное поле в статоре двигателя становится вращающимся. Энергетические показатели двигателя улучшаются и появляется пусковой момент. При сдвиге фаз токов на электрический угол 90° и одинаковых МДС обмоток поле становится круговым и КПД однофазного двигателя будет наибольшим. Добиться этого можно, выполнив обе обмотки двигателя одинаковыми и последовательно подключив к одной из них конденсатор (рис. 2.25*а*). Такие двигатели называются однофазными конденсаторными.

Емкость конденсатора, необходимая для получения кругового поля, зависит от активных и индуктивных сопротивлений обмоток двигателя и от его нагрузки. Для однофазных конденсаторных двигателей конденсатор рассчитывают так, чтобы поле было круговым при номинальной нагрузке. Его включают последовательно с одной из фаз обмоток на все время работы. Этот конденсатор называют рабочим и обозначают $C_р$. Во время пуска двигателя емкость рабочего конденсатора оказывается недостаточной для образования кругового поля и пусковой мо-

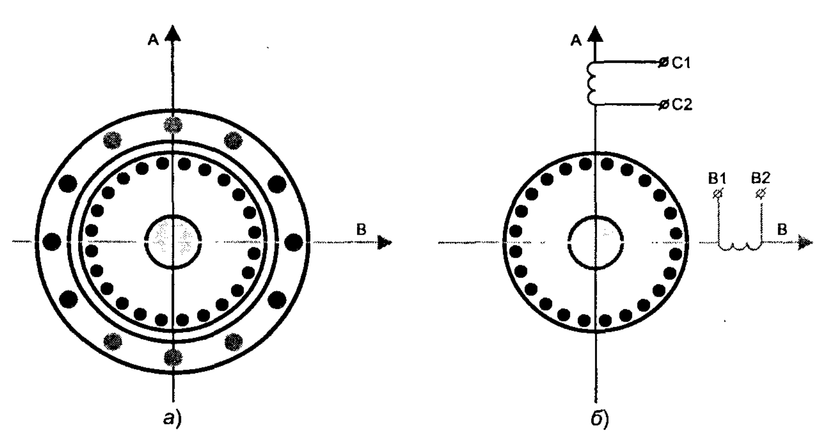


Рис. 2.24. Оси обмоток дух- и однофазных двигателей: *а* — расположение катушек разных фаз в пазах статора; *б* — условное изображение фаз обмотки

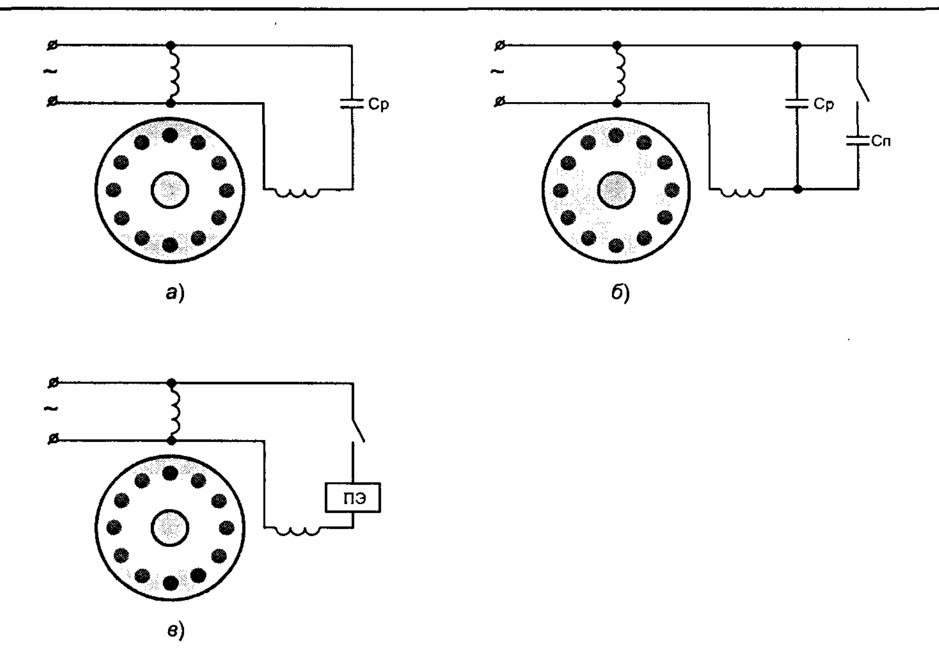


Рис. 2.25. Схемы включения однофазных двигателей: *а* — с постоянно включенным конденсатором (конденсаторные двигатели); *б* — с рабочим и пусковым конденсаторами; *в* — с пусковым элементом; $C_р$ — рабочий конденсатор; $C_п$ — пусковой конденсатор; ПЭ — пусковой элемент

мент двигателя невелик. Для увеличения пускового момента параллельно с рабочим конденсатором включается второй — пусковой конденсатор ($C_п$). Суммарная емкость пускового и рабочего конденсаторов обеспечивает получение кругового вращающегося поля во время пуска двигателя и пусковой момент его увеличивается. После разгона двигателя пусковой конденсатор отключается, а рабочий остается включенным (рис. 2.25*б*). Таким образом, двигатель запускается и работает с номинальной нагрузкой при вращающемся круговом поле.

В статорах большинства одно- и двухфазных двигателей применяют всыпные однослойные обмотки с концентрическими катушками (рис. 2.26). Они имеют либо четыре вывода — начала и концы главной и вспомогательной фаз, — либо только три. При трех выводах концы главной и вспомогательной фаз соединяются между собой внутри корпуса и наружу выводится провод от места их соединения — общей точки обмотки.

Для уменьшения вылета лобовых частей катушек однослойные обмотки часто выполняют вразвалку. Если число пазов на полюс и фазу четное, то обмотки вразвалку по существу не отличаются от таких же обмоток трехфазных машин. Если же число *q* нечетное, то большие катушки в группах делают «расчесанными» т. е. отгибают лобовые части половины их витков в одну, а второй половины — в другую сторону (рис. 2.27).

Необходимость установки конденсаторов удорожает однофазные двигатели, увеличивает их габариты и снижает надежность, так как конденсаторы выходят из строя чаще, чем двигатели. Поэтому большинство однофазных асинхронных

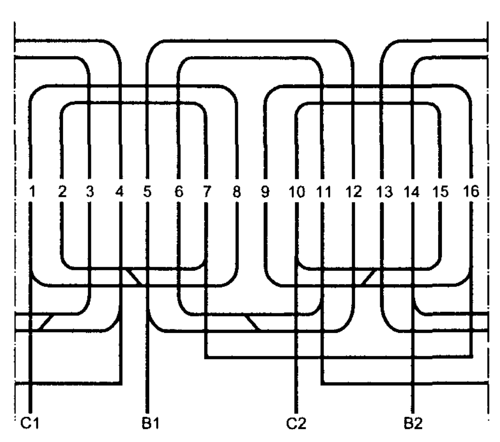


Рис. 2.26. Схема однослойной концентрической обмотки с $m = 2$, $z = 16$, $2p = 2$, выполненной вразвалку

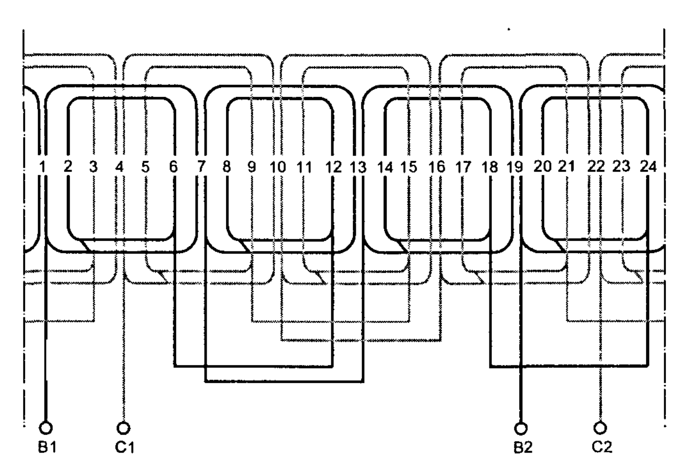


Рис. 2.27. Схема однослойной концентрической обмотки с $m = 2$, $z = 24$, $2p = 4$, $q = 3$, выполненной с «расчесанными» катушками

двигателей рассчитывают на работу только с одной — главной обмоткой. Однако для того, чтобы их можно было пускать, устанавливают и вторую — вспомогательную обмотку, которую часто называют пусковой. Она предназначается только для создания вращающегося поля при пуске двигателя. Такие однофазные двигатели называются двигателями с пусковой фазой (или с пусковой обмоткой).

Сдвиг фаз токов главной (рабочей) и пусковой обмоток достигается изменением сопротивления пусковой обмотки путем последовательного включения с ней так называемого пускового элемента (рис. 2.25*в*) — конденсатора или резистора (чаще всего используют более дешевый — резистор).

Пусковые обмотки, как правило, отличаются от рабочих и по числу витков, и по числу катушек, и сечением провода. Они обычно занимают $^1/_3$ всех пазов статора. В оставшихся $^2/_3$ пазов располагается рабочая обмотка. Схемы соединений и числа полюсов рабочей и пусковой обмоток одинаковы (рис. 2.28).

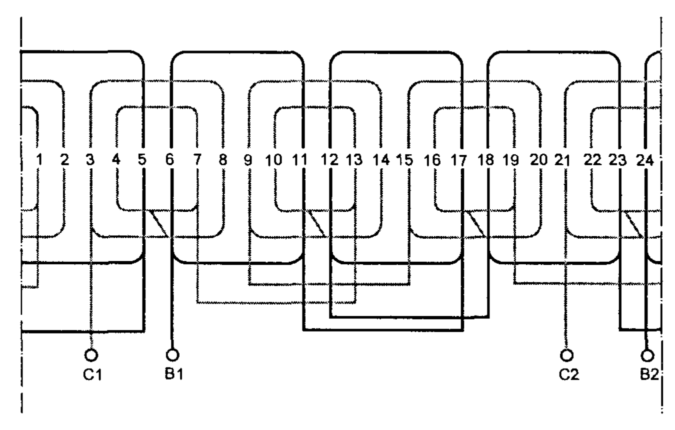


Рис. 2.28. Схема однослойной концентрической обмотки однофазного двигателя с пусковой фазой с z = 24, $2p = 4$; C1—C2 — главная фаза, B1—B2 — пусковая фаза

Чтобы избежать установки резисторов, которые должны быть рассчитаны на полный пусковой ток, во многих однофазных двигателях пусковую обмотку выполняют с повышенным сопротивлением пусковой фазы. Для этой цели пусковую обмотку наматывают из провода меньшего сечения, чем рабочую, или выполняют ее с частично бифилярной намоткой. При этом длина провода возрастает, ее активное сопротивление увеличивается, а индуктивное сопротивление и МДС остаются такими же, как и без бифилярных витков. Чтобы образовались бифилярные витки, катушку пусковой обмотки выполняют из двух секций со встречным направлением намотки (рис. 2.29). Одна секция, направление намотки которой совпадает с нужной для пуска машины полярностью, называется основной, а секция со встречной намоткой — бифилярной. Последняя имеет всегда меньше витков, чем основная. На схемах обмоток катушки, имеющие частично бифилярную намотку, обозначаются петлей (рис. 2.30*а*). На рис. 2.30*б* показана схема обмотки с пусковой фазой, имеющей частично бифилярную намотку. Главная обмотка выполнена концентрическими катушками вразвалку. Петли у катушек пусковой фазы указывают на то, что катушки выполнены с частично бифилярной намоткой.

В обмотке с бифилярными катушками надо учитывать, что в каждой катушке вспомогательной фазы часть витков намотана встречно. Это уменьшает число эффективных проводников в пазу, нейтрализуя действие такого же количества витков, намотанных в основном направлении, поэтому для нахождения числа эффективных витков в катушке (эффективных проводников в пазу) надо из об-

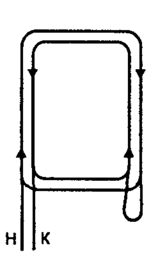


Рис. 2.29. Образование бифилярных витков

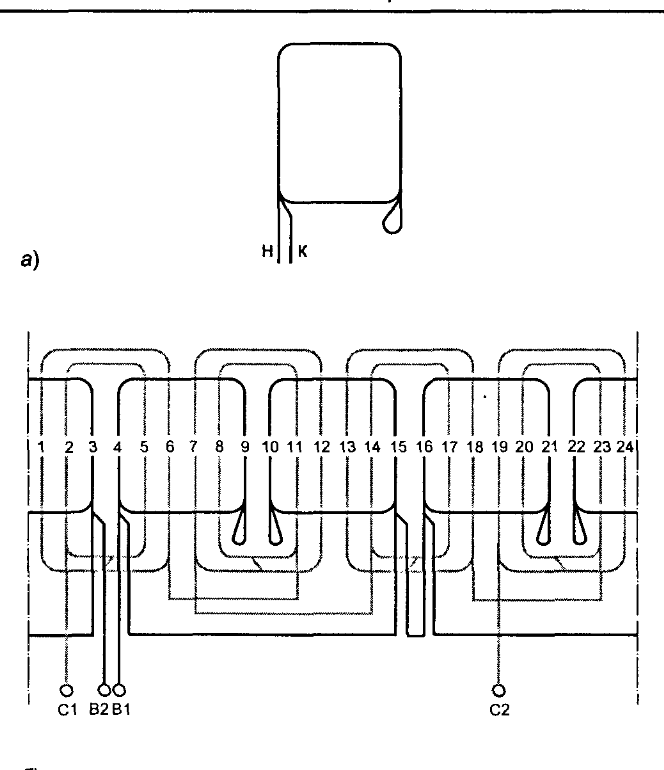


Рис. 2.30. Схема обмотки с катушками, имеющими бифилярные витки: *а* — изображение катушек с бифилярными витками на схеме обмотки, *б* — схема обмотки с $z = 24$, $2p = 4$

щего числа вычесть удвоенное число встречно намотанных витков. Если, например, в пазу лежит катушка, в которой всего 81 виток, из них встречно намотаны 22, то число эффективных проводников в пазу будет: $81-2{\cdot}22 = 37$.

Для определения числа встречно намотанных витков при известных общем числе проводников в пазу и числе эффективных проводников в пазу надо произвести обратное действие, т. е. из общего числа вычесть число эффективных проводников и полученный результат разделить на два. При общем числе проводников 81 и числе эффективных 37 число встречно намотанных витков должно быть: $(81-37)/2 = 22$.

Бифилярную катушку можно получить, если уложить в одни и те же пазы две секции катушки, одна из которых поворачивается на 180° вокруг оси параллельной пазам. Правая и левая стороны повернутой секции при этом меняются местами.

Пусковая обмотка однофазных двигателей рассчитана только на кратковременную работу — на время пуска двигателя. Ее необходимо отключать от сети сразу же, как только двигатель разгонится, иначе она перегреется и двигатель выйдет из строя. Такие двигатели применяются, например, для привода компрессоров во всех бытовых холодильниках, привода стиральных машин и т. д. Пускозащитное реле, установленное на холодильниках и стиральных машинах, включает обе обмотки двигателя, а после его разгона отключает пусковую обмотку. Двигатель работает с одной включенной рабочей обмоткой.

3. Обмоточные провода

Обмотки электрических машин выполняют из медных и алюминиевых круглых или прямоугольных обмоточных проводов. Провода обмоточные с эмалевой изоляцией обозначаются буквенно-цифровым кодом, в котором указываются: вид изоляции, форма сечения провода, тип изоляции и через дефис — конструктивное исполнение, температурный индекс, материал проволоки. В условное обозначение провода входят: марка провода с добавлением (через дефис) номинального диаметра круглой проволоки или размеры сторон прямоугольной проволоки (для прямоугольного провода) и обозначение стандарта или ТУ на провода конкретных марок.

Провода обмоточные с эмалевой изоляцией (ПЭ) классифицируются по следующим признакам:

- материалу изоляции: эмалевая; поливинилацетатная; винифлекс (В); метальвин (М); полиуретановая (У); полиэфирная (Э); полиимидная (И); полиамидная (АИ); полиэфиримидная (ЭИ); полиэфирциануратимидная фреоностойкая (Ф);
- форме сечения: круглые; прямоугольные (П);
- толщине изоляции: типа 1; типа 2;
- конструктивному исполнению изоляции: однослойная; двухслойная (Д); трехслойная (Т); четырехслойная (Ч); с термопластичным покрытием, склеивающимся под воздействием температуры (К);
- температурному индексу (нагревостойкости): 105, 120, 130, 155, 180, 200, 220 °С и выше;
- материалу проволоки: медная; медная безжелезистая (БЖ); медная никелированная (МН); алюминиевая мягкая (А); алюминиевая твердая (АТ); биметаллическая: алюмомедная мягкая (АМ), сталемедная (СМ); манганиновая мягкая (ММ), манганиновая твердая (МТ), манганиновая стабилизированная (МС), константановая мягкая (КМ), константановая твердая (КТ), никелькобальтовая (НК); нихромовая (НХ).

Провода обмоточные с эмалево-волокнистой, волокнистой, пластмассовой и пленочной изоляцией классифицируются по:

- виду изоляции: волокнистая: хлопчатобумажная (Б), из натурального шелка (Ш), капроновая (К), полиэфирная (лавсановая) (Л), из трилобала (Кп), оксалона (Од), аримида (Ар); бумажная (Б); стекловолокнистая (С); стеклополиэфирная (СЛ); пластмассовая (П);
- пленочная: фторопластовая (Ф), полиамидо-фторопластовая (И), фторопластовая с полиамидно-фторопластовой (ФИ); комбинированная;
- числу обмоток: однослойная (О); двухслойная (Д);
- виду пропитки: глифталевая, полиэфирная и другие основы (130 °С); кремнийорганическая (155 и 180 °С); органосиликатная композиция (свыше 180 °С);

- типу изоляции: нормальная; утонченная (Т); усиленная (У); дополнительная поверхностная лакировка (Л);
- отличительным особенностям: транспонированный провод (Т); подразделенный провод (П); число элементарных проводников (обозначается цифрой); толщина общей бумажной изоляции (знаменатель дроби);
- температуре эксплуатации: 60, 80, 90, 120, 180, 200 °С;
- нагревостойкости в пропитанном состоянии на классы: У (90 °С), А (105 °С), Е (120 °С), В (130 °С), F (155 °С), Н (180 °С), С (более 180 °С);
- материалу проволоки: медная; медная безжелезистая (БЖ); медная никелированная (МН); алюминиевая (А); манганиновая мягкая (ММ); манганиновая твердая (МТ); константановая мягкая (КМ); константановая твердая (КТ); нихромовая (НХ);
- конструктивному исполнению жилы: круглая (однопроволочная, многопроволочная); прямоугольная; полая.

Таблица 3.1. Основные характеристики обмоточных проводов

Марка провода	Характеристика изоляции	Диаметр проволоки, мм	Максимальная рабочая температура, °С
ПЭВ-1	Один слой высокопрочной эмали ВЛ-931	0,02...2,5	105
ПЭВ-2	Два слоя высокопрочной эмали ВЛ-931	0,06...2,5	105
ПЭТ-155	Лак ПЭ-955 на полиэфоримидной основе	0,02...2,5	155
ПЭТВ	Высокопрочный нагревостойкий лак ПЭ-939 или ПЭ-943 на основе полиэфиров	0,02...2,5	130
ПЭВД	Высокопрочная эмаль с дополнительным термопластичным слоем лака	0,1...0,5	105
ПЭВЛ	Высокопрочная эмаль и обмотка из лавсановой нити	0,02...1,56	120
ПЭВТЛ-1	Один слой высокопрочной полиуретановой эмали	0,05...1,56	130
ПЭВТЛ-2	Два слоя высокопрочной полиуретановой эмали	0,05...1,56	130
ПЭВТЛК	Высокопрочная эмаль на основе полиуретана и полиамидной смолы	0,06...0,35	130
ПЭЛ	Лак на масляной основе	0,02...2,5	105
ПЭЛО	Лак на масляной основе и обмотка из полиэфирной нити	0,05...1,56	105
ПЭЛЛО	Лак на масляной основе и обмотка из лавсановой нити	0,06...1,56	105
ПЭЛР	Высокопрочная эмаль на основе полиамида и резольной смолы	0,06...2,5	120
ПЭЛШКО	Лак на масляной основе и обмотка из капронового волокна	0,1...2,1	105
ПЭМ-1	Один слой высокопрочной эмали ВЛ-941	0,02...2,5	105
ПЭМ-2	Два слоя высокопрочной эмали ВЛ-941	0,02...2,5	105
ПЭС-1	Один слой высокопрочного лака на основе поливинилформаля	0,06...2,5	105
ПЭС-2	Два слоя высокопрочного лака на основе поливинилформаля	0,06...2,5	105

Марка провода	Характеристика изоляции	Диаметр проволоки, мм	Максимальная рабочая температура, °С
ПЭТЛО	Высокопрочный нагревостойкий лак на основе полиэфиров и обмотка из лавсановой нити	0,06...0,52	120
ПСД	Два слоя обмотки из стекловолокна с пропиткой нагревостойким лаком	0,5...5,2	155
ПСДК	Два слоя обмотки из стекловолокна с пропиткой кремнийорганическим лаком	0,5...5,2	180
ПНЭТ	Высокопрочная нагревостойкая эмаль на основе полиамидов	0,06...2,5	220
ПЭШО	Лак на масляной основе и один слой шелковых нитей	0,05...1,56	105
ПЭБО	Лак на масляной основе и один слой хлопчатобумажной пряжи	0,38...2,12	105

Таблица 3.2. Основные параметры обмоточных проводов круглого сечения

Номинальный диаметр провода по меди, мм	Сечение провода по меди, мм^2	Диаметр провода с изоляцией, мм						Сопротивление 1 м провода при 20 °С, Ом	Допустимый ток при плотности 2 А/м^2, А
		ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛ	ПЭТВ	ПНЭТ	ПЭЛШО		
0,02	0,00031	0,027	–	0,035	–	–	–	61,5	0,0006
0,025	0,00051	0,034	–	0,04	–	–	–	37,16	0,001
0,03	0,00071	0,041	–	0,045	–	–	–	24,7	0,0014
0,032	0,0008	0,043	–	0,046	–	–	–	22,4	0,0016
0,04	0,0013	0,055	–	0,055	–	–		13,9	0,0026
0,05	0,00196	0,062	0,08	0,07	–	–	0,14	9,169	0,004
0,06	0,00283	0,075	0,09	0,085	0,09	–	0,15	6,367	0,0057
0,063	0,0031	0,078	0,09	0,085	0,09	–	0,16	4,677	0,0063
0,07	0,00385	0,084	0,092	0,092	0,1	–	0,16	4,677	0,0071
0,071	0,00396	0,088	0,095	0,095	0,1	–	0,16	4,71	0,0078
0,08	0,00503	0,095	0,105	0,105	0,11	–	0,16	6,63	0,0101
0,09	0,00636	0,105	0,12	0,115	0,12	–	0,18	2,86	0,0127
0,1	0,00785	0,122	0,13	0,125	0,13	0,125	0,19	2,291	0,0157
0,112	0,0099	0,134	0,14	0,125	0,14	0,135	0,2	1,895	0,021
0,12	0,0113	0,144	0,15	0,145	0,15	0,145	0,21	1,591	0,0226
0,125	0,0122	0,149	0,155	0,15	0,155	0,15	0,215	1,4	0,0248
0,13	0,0133	0,155	0,16	0,155	0,16	0,16	0,22	1,32	0,0266
0,14	0,0154	0,165	0,17	0,165	0,17	0,165	0,23	1,14	0,0308

Номинальный диаметр провода по меди, мм	Сечение провода по меди, мм^2	Диаметр провода с изоляцией, мм						Сопротивление 1 м провода при 20 °С, Ом	Допустимый ток при плотности 2 А/м^2, А
		ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛ	ПЭТВ	ПНЭТ	ПЭЛШО		
0,15	0,01767	0,176	0,19	0,18	0,19	0,18	0,24	0,99	0,0354
0,16	0,02011	0,187	0,2	0,19	0,2	0,19	0,25	0,873	0,0402
0,17	0,0227	0,197	0,21	0,2	0,21	0,2	0,26	0,773	0,0454
0,18	0,02545	0,21	0,22	0,21	0,22	0,21	0,27	0,688	0,051
0,19	0,02835	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22	0,28	0,618	0,0568
0,2	0,03142	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,3	0,558	0,0628
0,21	0,03464	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,31	0,507	0,0692
0,224	0,0394	0,256	0,27	0,26	0,27	0,26	0,32	0,445	0,079
0,236	0,0437	0,26	0,285	0,27	0,28	0,27	0,33	0,402	0,0875
0,25	0,04909	0,284	0,3	0,275	0,3	0,29	0,35	0,357	0,0982
0,265	0,0552	0,305	0,315	0,305	0,31	0,3	0,36	0,318	0,111
0,28	0,0615	0,315	0,33	0,315	0,33	0,31	0,39	0,285	0,124
0,3	0,0708	0,34	0,35	0,34	0,34	0,33	0,41	0,248	0,143
0,315	0,078	0,35	0,365	0,352	0,36	0,35	0,43	0,225	0,158
0,335	0,0885	0,375	0,385	0,375	0,38	0,37	0,45	0,198	0,179
0,355	0,099	0,395	0,414	0,395	0,41	0,39	0,47	0,177	0,2
0,38	0,1134	0,42	0,44	0,42	0,44	0,42	0,5	0,155	0,226
0,4	0,126	0,44	0,46	0,442	0,46	0,44	0,52	0,14	0,251
0,425	0,142	0,465	0,485	0,47	0,47	0,46	0,53	0,124	0,283
0,45	0,16	0,49	0,51	0,495	0,5	0,5	0,57	0,11	0,319
0,475	0,177	0,525	0,545	0,495	0,53	0,51	0,6	0,099	0,353
0,5	0,196	0,55	0,57	0,55	0,55	0,53	0,62	0,09	0,392
0,53	0,2206	0,58	0,6	0,578	0,6	0,58	0,66	0,0795	0,441
0,56	0,247	0,61	0,63	0,61	0,62	0,6	0,68	0,071	0,494
0,6	0,283	0,65	0,67	0,65	0,66	0,64	0,72	0,062	0,566
0,63	0,313	0,68	0,7	0,68	0,69	0,67	0,75	0,056	0,626
0,67	0,352	0,72	0,75	0,72	0,75	0,72	0,8	0,05	0,704
0,71	0,398	0,76	0,79	0,77	0,78	0,75	0,82	0,044	0,797

Номинальный диаметр провода по меди, мм	Сечение провода по меди, мм^2	Диаметр провода с изоляцией, мм						Сопротивление 1 м провода при 20 °С, Ом	Допустимый ток при плотности 2 А/м^2, А
		ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛ	ПЭТВ	ПНЭТ	ПЭЛШО		
0,75	0,441	0,81	0,84	0,81	0,83	0,8	0,87	0,039	0,884
0,8	0,503	0,86	0,89	0,86	0,89	0,86	0,95	0,035	1,0
0,85	0,567	0,91	0,94	0,91	0,94	0,91	1,0	0,031	1,13
0,9	0,636	0,96	0,99	0,96	0,99	0,96	1,05	0,0275	1,27
0,93	0,6793	0,99	1,02	0,99	1,02	0,99	1,08	0,0253	1,33
0,95	0,712	1,01	1,04	1,02	1,04	1,01	1,1	0,0248	1,42
1,0	0,7854	1,07	1,1	1,07	1,11	1,06	1,16	0,0224	1,57
1,06	0,884	1,13	1,16	1,14	1,16	1,13	1,21	0,0199	1,765
1,08	0,9161	1,16	1,19	1,16	1,19	1,16	1,24	0,0188	1,83
1,12	0,9852	1,19	1,22	1,2	1,23	1,2	1,28	0,0178	1,97
1,18	1,092	1,26	1,28	1,26	1,26	1,25	1,34	0,0161	2,185
1,25	1,2272	1,33	1,35	1,33	1,36	1,33	1,41	0,0143	2,45
1,32	1,362	1,4	1,42	1,4	1,42	1,39	1,47	0,0129	2,72
1,4	1,5394	1,48	1,51	1,48	1,51	–	1,56	0,0113	3,078
1,45	1,6513	1,53	1,56	1,53	1,56	–	1,61	0,0106	3,306
1,5	1,7672	1,58	1,61	1,58	1,61	–	1,68	0,0093	3,534
1,56	1,9113	1,63	1,67	1,64	1,67	–	1,74	0,00917	3,876
1,6	2,01	1,68	1,71	1,68	1,71	–	–	0,0086	4,03
1,7	2,2697	1,78	1,81	1,78	1,81	–	–	0,0078	–
1,74	2,378	1,82	1,85	1,82	1,85	–	–	0,00737	–
1,8	2,54468	1,89	1,92	1,89	1,92	–	–	0,00692	–
1,9	2,8105	1,99	2,02	1,99	2,02	–	–	0,00612	–
2,0	3,1415	2,1	2,12	2,1	2,12	–	–	0,00556	–
2,12	3,5298	2,21	2,24	2,22	2,24	–	–	0,00495	–
2,24	4,0112	2,34	2,46	2,34	2,46	–	–	0,00445	–
2,36	4,3743	2,46	2,48	2,36	2,48	–	–	0,00477	–
2,5	4,9212	2,6	2,63	2,6	2,62	–	–	0,00399	–

Таблица 3.3. Техническая характеристика обмоточных проводов

№ п/п	Марка провода	Температурный индекс, °С	Характеристика	Применение	Толщина изоляции, мм	Размеры по стороне, мм	Диаметр провода, мм
1.	ПЭТ-155	155	Провод медный круглый эмалированный. Полиэфир-имидная изоляция. Обеспечивает хорошую намотку, устойчив к воздействию пропиточных лаков	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов.	–0,085 Пробивное напряжение 4400 В	–	0,250...2,000
2.	ПЭТМ-155	155		То же, но для механизированной укладки	0,093 Пробивное напряжение 4900 В		
3.	ПЭТ-200	200	Провод медный круглый эмалированный. Полиамидимидная изоляция. Обеспечивает хорошую намотку, устойчив к воздействию пропиточных лаков	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов	0,094 Пробивное напряжение 4700 В	–	0,250...2,000
4.	ПЭТ-155-Л	155	Провод медный круглый обслуживающийся с эмалевой изоляцией	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов	–	–	0,250...2,000
5.	ПЭЭИ-1-180 ПЭЭИ-2-180	180	Провод медный круглый эмалированный, теплоустойчивый	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов, с термическими и механическими нагрузками	–	–	0,250...2,000
6.	ПЭТВ-1	130	Провода медные круглые с эмалевой изоляцией на основе полиэфиров	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов, для механизированной намотки изделий	0,068 Пробивное напряжение 2700 В	–	0,250...2,000
7.	ПЭТВ-2	130			0,093 Пробивное напряжение 4900 В		
8.	ПЭТВМ	130	Провод повышенной механической прочности	Провод предназначен для механизированной намотки статоров электродвигателей серии 4А	0,110 Пробивное напряжение 4900 В	–	0,250...1,400

№ п/п	Марка провода	Температурный индекс, °С	Характеристика	Применение	Толщина изоляции, мм	Размеры по стороне, мм	Диаметр провода, мм
9.	ПЭТД-1-200	200	Провод медный круглый эмалированный, теплоустойчивый	Провод предназначен для механизированной намотки, обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов, работающих в среде трансформаторного масла, для катушек с высокими термическими и механическими нагрузками	0,124 Пробивное напряжение 7600 В	–	0,250...2,000
	ПЭТД-2-200				–		
10.	ПЭТД-180	180	Провода медные круглые с двухслойной изоляцией	Провод предназначается для механизированной намотки, обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов, работающих в среде трансформаторного масла	0,070 Пробивное напряжение 4000 В	–	0,250...2,000
11.	ПЭТКД	–	Провод медный круглый с эмалевой нагревостойкой изоляцией с дополнительным клеящим слоем	Провод предназначен для изготовления бескаркасных катушек	–	–	0,250...0,450
12.	ПЭФ-155	155	Провод медный круглый эмалированный фреоностойкий	Провод предназначен для изделий, работающих в среде хладона 12, 22, 134/1. масел ХФ-12-16, Хф-22-24 и трансформаторного масла	0,076 Пробивное напряжение 4000 В	–	0,063...1,80
13.	ПЭФ-180	180			0,070 Пробивное напряжение 4600 В	–	0,250...1,80
14.	ПЭФД-1-155 ПЭФД-2-155	155	Провод медный круглый эмалированный, фреоностойкий с двойной изоляцией	Провод предназначен для механизированной намотки изделий, работающих в среде хладона 12, 22, 134/1. масел ХФ-12-16, Хф-22-24 и трансформаторного масла.	–	–	0,250...1,600
15.	ПЭФД-2-180	180	Провод медный круглый эмалированный с двухслойной изоляцией фреоностойкий	Провод предназначен для механизированной намотки изделий, работающих в среде хладона 12, 22, 134 А, масел ХФ-12-16, ХФ-22-24 и трансформаторного масла	–	–	0,250...1,600
16.	ПЭТД-К-200	200	Провод медный круглый с двухслойной изоляцией, с дополнительным клеящим слоем	Провод предназначен для изготовления бескаркасных катушек	–	–	0,254; 0,287; 0,320; 0,361

№ п/п	Марка провода	Температурный индекс, °С	Характеристика	Применение	Толщина изоляции, мм	Размеры по стороне, мм	Диаметр провода, мм
17.	ПЭЭИП-1-155	155	Провода медные с эмалевой изоляцией прямоугольные	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов	–	а – 0,80...2,00 в – 2,00...8,00	–
18.	ПЭТП-155	155	Провод медный прямоугольного сечения, эмалированный лаком на основе модифицированных полиэфиров	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов и приборов ТИ-155	–	а – 0,80...3,55 в – 2,00...5,60	–
19.	ПНЭТП	220	Провода медные никелированные прямоугольные эмалированные лаком на основе полиамидов	Провод предназначен для намотки изделий	–	а – 0,50...1,90 в – 2,00...4,00	–
20.	ПСДТ	155	Провод медный нагревостойкий с утонченной изоляцией из стеклянных нитей, наложенных двумя слоями с подклейкой и пропиткой нагревостойким лаком или компаундом	Провод предназначен для обмоток электрических машин, приборов и аппаратов	–	а – 1,00...5,60 в – 2,12...12,50	2,00...5,20
21.	ПСДКТ				–	–	2,65...5,20
22.	АПСД	155	Провод алюминиевый нагревостойкий, изолированный двумя слоями стекловолокна с подклейкой и пропиткой глифталевым лаком	Провод предназначен для обмоток электросварочного оборудования	–	а – 2,00...5,60 в – 5,60...14,00	–
23.	ПЭТВСД ПЭТСДТ	155	Провод медный, обмоточный, изолированный полиэфирной эмалью и двумя слоями стекловолокна с подклейкой и пропиткой глифталевым лаком	Провод предназначен для изготовления обмоток электрических машин	–	а – 0,90...3,55 в – 2,80...10,00	0,885...2,50

№ п/п	Марка провода	Температурный индекс, °C	Характеристика	Применение	Толщина изоляции, мм	Размеры по стороне, мм	Диаметр провода, мм
24.	ППИ-У	–	Провод обмоточный теплостойкий с пленочной полиминдофторо-пластовой изоляцией	Провод предназначен для намотки статоров погружных маслозаполненных электродвигателей и эксплуатации при температуре 200 °C. Минимальная температура окружающей среды до –60 °C. Пробивное напряжение изоляции проводов не менее 12 кВ. Электрическое сопротивление изоляции 1 км провода не менее 200 МОм	–	–	2,00...3,15
25.	ПБ	–	Провода обмоточные с бумажной изоляцией	Изготовление обмоток, электрических машин, аппаратов и трансформаторов	0,30	–	1,40...5,20
					0,72	–	2,50...4,50
					0,45; 0,55; 0,72; 0,96; 1,20; 1,35; 1,68; 1,92; 2,48;2.96	а – 1,12...5,60 б – 4,00...16,0	–
26.	ПБУ	–	Провода обмоточные с бумажной изоляцией		1,35; 2,00 2,46; 2,96	а – 1,12...5,60 б – 4,00...16,0	–
27.	АПБ	–	Провода обмоточные с бумажной изоляцией		0,30	–	1,80...6,00
					0,45; 0,55; 0,72; 0,96; 1,20; 1,35; 1,68; 1,92	а – 1,80...5,60 б – 4,00...16,0	–
28.	ПБПУ	–	Провод медный обмоточный подразделенный с бумажной изоляцией	Изготовление обмоток мощных трансформаторов и реакторов	1,36;2, 00; 2,48; 2,96 Количество проводников – 2 или 3	а – 1,40...4,25 б – 7,50...19,5	–
29.	ПБД	–	Провод обмоточный с хлопчатобумажной изоляцией	Изготовление обмоток электрических машин, аппаратов и приборов	–	а – 1,32...5,60 б – 4,25...14,0	–
30.	ППЛБО	–	Провод обмоточный медный прямоугольного сечения с пленочной изоляцией	Изготовление обмоток электрических машин, аппаратов и приборов	–	а – 1,00...2,80 б – 4,50...7,50	–

№ п/п	Марка провода	Температурный индекс, °С	Характеристика	Применение	Толщина изоляции, мм	Размеры по стороне, мм	Диаметр провода, мм
31.	ПСДКТ ПСДТ	180 и 155	Провод медный обмоточный со стекловолокнистой изоляцией	Изготовление обмоток, электрических машин, аппаратов, приборов и трансформаторов	–	а – 0,90...5,60 б – 2,12...12,50	0,85...5,20
32.	АПСДКТ		Провод алюминиевый со стекловолокнистой изоляцией	Изготовление обмоток, электрических машин, аппаратов, приборов и трансформаторов	–	а – 1,80...5,60 б – 3,35...12,50	–
33.	ПЭТСД	180 и 155	Провод медный обмоточный с эмалево-стекловолокнистой изоляцией	Изготовление обмоток высоковольтных электрических машин	–	а – 0,80...3,55 б – 2,20...9,50	0,85...2,50
34.	ППИПК-Т	200	Провод обмоточный прямоугольный нагревостойкий Медная жила, полиамидно-фторопластовая пленка	Провода предназначены для изготовления тяговых электродвигателей железнодорожного и городского транспорта; электрических машин карьерного оборудования; специальных типов электрических машин, обладающих уникальными характеристиками	0,16 Пробивное напряжение 750 В	а – 1,12...4,00 б – 3,35...10,00	–
35.	ППИПК-1				0,23 Пробивное напряжение 1300 В		
36.	ППИПК-2				0,30 Пробивное напряжение 1800 В		
37.	ППИ-У	200	Провод обмоточный теплостойкий с пленочной полиамидно-фторопластовой изоляцией	Для намотки статоров погружных маслозаполненных электродвигателей нефтедобычи	–	–	2,00...3,15
38.	ПЭИ-200М	200	Провод обмоточный теплостойкий с эмалево-пленочной полиамиднофторопластовой изоляцией	То же	–	–	2,00...3,15
39.	ПЭВСОК	–	Провода константановые обмоточные нагревостойкие	Изготовление обмоток, электрических машин, аппаратов	–	–	0,10...0,12

Таблица 3.4. Размеры медной проеолоки прямоугольного сечения

(обозначения: а — меньшая сторона (толщина), мм; б — большая сторона (ширина), мм; S — площадь сечения с учетом скругления углов, мм²)

а	б	S
0,8	2,00	1,46
	2,12	1,56
	2,24	1,66
	2,36	1,75
	2,50	1,86
	2,65	1,98
	2,80	2,10
	3,00	2,26
	3,15	2,38
	3,35	2,54
	3,50	2,70
	3,75	2,86
	4,00	3,06
	4,25	3,26
	4,50	3,46
	4,75	3,66
	5,00	3,86
	5,30	4,10
	5,60	4,34
	6,00	4,66
	6,30	4,90
0,85	2,00	1,55
	2,24	1,75
	2,50	1,97
	2,80	2,23
	3,15	2,52
	3,55	2,86
	4,00	3,25
	4,50	3,67
0,85	5,00	4,10
	5,60	4,61
	6,30	5,20
0,90	2,00	1,63
	2,12	1,73
	2,24	1,84
	2,36	1,95
	2,50	2,08
	2,65	2,11
	2,80	2,35
	3,00	2,53
	3,15	2,66
	3,35	2,84
	3,50	3,02
	3,75	3,20
	4,00	3,43
	4,25	3,65
	4,50	3,88
	4,75	4,10
	5,00	4,33
	5,30	4,60
	5,60	4,87
	6,00	5,23
	6,30	5,50
	6,70	5,86
	7,10	6,22
0,95	2,00	1,71
	2,24	1,93
	2,50	2,18

а	б	S
0,95	2,80	2,47
	3,15	2,80
	3,55	3,18
	4,00	3,61
	4,50	4,08
	5,00	4,57
	5,60	5,13
	6,30	5,79
	7,10	6,55
1,00	2,00	1,79
	2,12	1,91
	2,24	2,03
	2,36	2,15
	2,50	2,29
	2,65	2,44
	2,80	2,59
	3,00	2,79
	3,15	2,94
	3,35	3,14
	3,50	3,34
	3,75	3,54
	4,00	3,79
	4,25	4,04
	4,50	4,29
	4,75	4,54
	5,00	4,79
	5,30	5,09
	5,60	5,39
	6,00	5,79
	6,30	6,09
	6,70	6,49

а	б	S
1,00	7,10	6,89
	7,50	7,29
	8,00	7,79
1,06	2,00	1,91
	2,24	2,16
	2,50	2,44
	2,80	2,75
	3,15	3,12
	3,55	3,55
	4,00	4,03
	4,50	4,56
	5,00	5,09
	5,60	5,72
	6,30	6,46
	7,10	7,31
	8,00	8,27
1,08	8,60	9,08
1,12	2,00	2,03
	2,12	2,16
	2,24	2,29
	2,36	2,43
	2,50	2,59
	2,65	2,75
	2,80	2,82
	3,00	3,15
	3,15	3,31
	3,35	3,54
	3,50	3,76
	3,75	3,99
	4,00	4,27
	4,25	4,55

а	б	S
1,12	4,50	4,83
	4,75	5,11
	5,00	5,39
	5,30	5,72
	5,60	6,06
	6,00	6,51
	6,30	6,84
	6,70	7,29
	7,10	7,74
	7,50	8,19
	8,00	8,75
	8,50	9,31
	9,00	9,87
1,18	2,00	2,15
	2,24	2,43
	2,50	2,74
	2,80	3,09
	3,15	3,50
	3,55	3,97
	4,00	4,51
	4,50	5,10
	5,00	5,69
	5,60	6,39
	6,30	7,22
	7,10	8,16
	8,00	9,23
	9,00	10,41
1,25	2,00	2,29
	2,12	2,44
	2,24	2,59
	2,36	2,74

а	б	S
1,25	2,50	2,91
	2,65	3,10
	2,80	3,29
	3,00	3,54
	3,15	3,72
	3,35	3,97
	3,50	4,22
	3,75	4,47
	4,00	4,79
	4,25	5,10
	4,50	5,41
	4,75	5,72
	5,00	6,04
	5,30	6,41
	5,60	6,79
	6,00	7,29
	6,30	7,66
	6,70	8,16
	7,10	8,66
	7,50	9,16
	8,00	9,79
	8,50	10,41
	9,00	11,04
	9,50	11,66
	10,00	12,29
1,32	2,00	2,43
	2,24	2,74
	2,50	3,09
	2,80	3,48
	3,15	3,94
	3,55	4,47

а	б	S
1,32	4,00	5,97
	4,50	5,73
	5,00	6,39
	5,60	7,18
	6,30	8,10
	7,10	9,16
	8,00	10,35
	9,00	11,67
	10,00	12,99
1,40	2,00	2,59
	2,12	2,75
	2,24	2,92
	2,36	3,09
	2,50	3,29
	2,65	3,50
	2,80	3,71
	3,00	3,99
	3,15	4,20
	3,35	4,48
	3,50	4,76
	3,75	5,04
	4,00	5,39
	4,25	5,74
	4,50	6,09
	4,75	6,44
	5,00	6,79
	5,30	7,21
	5,60	7,63
	6,00	8,19
	6,30	8,61
	6,70	9,17

а	б	S
1,40	7,10	9,73
	7,50	10,29
	8,00	10,99
	8,50	11,69
	9,00	12,39
	9,50	13,09
	10,00	13,79
	10,60	14,63
	11,20	15,47
1,50	2,24	3,15
	2,50	3,54
	2,80	3,99
	3,15	4,51
	3,55	5,11
	4,00	5,79
	4,50	6,54
	5,00	7,29
	5,60	8,19
	6,30	9,24
	7,10	10,44
	8,00	11,79
	9,00	13,23
	10,00	14,79
	11,20	16,59
	12,50	18,50
1,60	2,24	3,37
	2,36	3,56
	2,50	3,79
	2,65	4,03
	2,80	4,27
	3,00	4,59

a	б	S
1,60	3,15	4,83
	3,35	5,15
	3,50	5,47
	3,75	5,79
	4,00	6,19
	4,25	6,59
	4,50	6,99
	4,75	7,39
	5,00	7,79
	5,30	8,27
	5,60	8,75
	6,00	9,39
	6,30	9,87
	6,70	10,51
	7,10	11,15
	7,50	11,79
	8,00	12,59
	8,50	13,39
	9,00	14,19
	9,50	14,99
	10,00	15,79
	10,60	16,75
	11,20	17,71
	11,80	18,67
	12,50	19,79
1,70	2,50	3,89
	2,80	4,40
	3,15	4,99
	3,55	5,67
	4,00	6,44
	4,50	7,29

a	б	S
1,70	5,00	8,14
	5,60	9,16
	6,30	10,35
	7,10	11,71
	8,00	13,24
	9,00	14,94
	10,00	16,44
	11,20	18,68
	12,50	20,89
1,80	2,50	4,14
	2,65	4,41
	2,80	4,68
	3,00	5,04
	3,15	5,31
	3,35	5,67
	3,50	6,03
	3,75	6,39
	4,00	6,84
	4,25	7,29
	4,50	7,74
	4,75	8,19
	5,00	8,64
	5,30	9,18
	6,00	10,44
	6,30	10,98
	6,70	11,70
	7,10	12,42
	7,50	13,14
	8,00	14,04
	8,50	14,94
	9,00	15,84

а	б	S
1,80	9,50	16,74
	10,00	17,64
	10,60	18,72
	11,20	19,80
	11,80	20,88
	12,50	22,14
	13,20	23,40
	14,00	24,84
1,81	4,40	7,75
	6,90	12,27
1,90	2,80	4,96
	3,15	5,62
	3,55	6,38
	4,00	7,24
	4,50	8,19
	5,00	9,14
	5,60	10,28
	6,30	11,61
	7,10	13,13
	8,00	14,84
	9,00	16,74
	10,00	18,64
	11,20	20,92
	12,50	23,39
	14,00	26,24
2,00	2,80	5,24
	3,00	5,64
	3,15	5,94
	3,35	6,34
	3,50	6,74
	3,75	7,14

а	б	S
2,00	4,00	7,64
	4,25	8,14
	4,50	8,64
	4,75	9,14
	5,00	9,64
	5,30	10,24
	5,60	10,84
	6,00	11,64
	6,30	12,24
	6,70	13,04
	7,10	13,84
	7,50	14,64
	8,00	15,64
	8,50	16,64
	9,00	17,64
	9,50	18,64
	10,00	19,64
	10,60	20,84
	11,20	22,04
	11,80	23,24
	12,50	24,64
	13,20	26,04
	14,00	27,64
	15,00	29,64
	16,00	31,64
2,12	3,15	6,32
	3,55	7,16
	4,00	8,12
	4,50	9,18
	5,00	10,24
	5,60	11,51

а	б	S
2,12	6,30	12,99
	7,10	14,69
	8,00	16,60
	9,00	18,72
	10,00	20,84
	11,20	23,38
	12,50	26,14
	14,00	29,32
	16,00	33,56
2,24	3,15	6,69
	3,35	7,14
	3,50	7,59
	3,75	8,04
	4,00	8,60
	4,25	9,16
	4,50	9,72
	4,75	10,28
	5,00	10,84
	5,30	11,51
	5,60	12,18
	6,00	13,08
	6,30	13,75
	6,70	14,65
	7,10	15,54
	7,50	16,44
	8,00	17,56
	8,50	18,68
	9,00	19,80
	9,50	20,92
	10,00	22,02
	10,60	23,38

а	б	S
2,24	11,20	24,73
	11,80	26,07
	12,50	27,64
	13,20	29,21
	14,00	31,00
	15,00	33,24
	16,00	35,48
2,36	3,55	7,83
	4,00	8,89
	4,50	10,07
	5,00	11,25
	5,60	12,67
	6,30	14,32
	7,10	16,21
	8,00	18,33
	9,00	20,69
	10,00	23,05
	11,20	25,88
	12,50	28,95
	14,00	32,49
	16,00	37,21
2,50	3,55	8,33
	3,75	8,83
	4,00	9,45
	4,25	10,08
	4,50	10,70
	4,75	11,33
	5,00	11,95
	5,30	12,70
	5,60	13,45
	6,00	14,45

а	б	S
2,50	6,30	15,20
	6,70	16,20
	7,10	17,20
	7,50	18,20
	8,00	19,45
	8,50	20,70
	9,00	21,95
	9,50	23,20
	10,00	24,45
	10,60	25,95
	11,20	27,45
	11,80	28,95
	12,50	30,70
	13,20	32,45
	14,00	34,45
	15,00	36,95
	16,00	39,45
	20,00	49,52
2,65	4,00	10,05
	4,50	11,38
	5,00	12,70
	5,60	14,29
	6,30	16,15
	7,10	18,27
	8,00	20,65
	9,00	23,30
	10,00	25,95
	11,20	29,13
	12,50	32,58
	14,00	36,55
	16,00	41,85

а	б	S
2,80	4,00	10,65
	4,25	11,35
	4,50	12,05
	4,75	12,75
	5,00	13,45
	5,30	14,29
	5,60	15,13
	6,00	16,25
	6,30	17,09
	6,70	18,21
	7,10	19,33
	7,50	20,45
	8,00	21,85
	8,50	23,25
	9,00	24,65
	9,50	26,05
	10,00	27,45
	10,60	29,13
	11,20	30,81
	11,80	32,49
	12,50	34,45
	13,20	36,41
	14,00	38,65
	15,00	41,45
	16,00	44,25
3,00	4,50	12,95
	5,00	14,45
	5,60	16,25
	6,30	18,35
	7,10	20,75
	8,00	23,45

а	б	S
3,00	9,00	26,45
	10,00	29,45
	11,20	33,05
	12,50	36,95
	14,00	41,45
	16,00	47,45
	20,00	59,52
	25,00	74,52
3,15	4,50	16,63
	4,75	14,41
	5,00	15,20
	5,30	16,15
	5,60	17,09
	6,00	18,35
	6,30	19,50
	6,70	20,56
	7,10	21,82
	7,50	23,08
	8,00	24,65
	8,50	26,23
	9,00	27,80
	9,50	29,38
	10,00	30,95
	10,60	32,84
	11,20	34,73
	11,80	36,62
	12,50	38,83
	13,20	41,03
	14,00	43,55
	15,00	46,70
	16,00	49,85

а	б	S
3,55	5,00	16,20
	5,60	18,21
	6,30	20,56
	7,10	23,24
	8,00	26,25
	9,00	29,60
	10,00	32,95
	11,20	36,97
	12,50	41,33
	14,00	46,35
	16,00	53,05
3,55	5,00	17,20
	5,30	18,27
	5,60	19,33
	6,00	20,75
	6,30	21,82
	6,70	23,24
	7,10	24,66
	7,50	26,08
	8,00	27,85
	8,50	29,63
	9,00	31,40
	9,50	33,18
	10,00	34,95
	10,60	37,08
	11,20	39,21
	11,80	41,34
	12,50	43,83
	13,20	46,31
	14,00	49,15
	15,00	52,70

a	б	S
3,55	16,00	56,25
3,75	5,60	20,14
	6,30	22,77
	7,10	25,77
	8,00	29,14
	9,00	32,89
	10,00	36,64
	11,20	41,14
	12,50	46,02
	14,00	51,64
	16,00	59,14
4,00	5,60	21,54
	6,00	23,14
	6,30	24,34
	6,70	25,94
	7,10	27,54
	7,50	29,14
	8,00	31,14
	8,50	33,14
	9,00	35,14
	9,50	37,14
	10,00	39,14
	10,60	41,54
	11,20	43,94
	11,80	46,34
	12,50	49,14
	13,20	51,94
	14,00	55,14
	15,00	59,14
	16,00	63,14
	20,00	79,52

a	б	S
4,00	25,00	99,52
	28,00	111,9
	30,00	119,5
4,25	6,30	25,92
	7,10	29,32
	8,00	33,14
	9,00	37,39
	10,00	41,64
	11,20	46,74
	12,50	52,27
	14,00	58,64
	16,00	67,14
4,40	6,90	25,90
4,50	6,30	27,49
	6,70	29,29
	7,10	31,09
	7,50	32,89
	8,00	35,14
	8,50	37,39
	9,00	39,64
	9,50	41,89
	10,00	44,14
	10,60	46,84
	11,20	49,54
	11,80	52,24
	12,50	55,39
	13,20	58,54
	14,00	62,14
	15,00	66,64
	16,00	71,40
4,75	7,10	32,87

а	б	S
4,75	8,00	37,14
	9,00	41,89
	10,00	46,64
	11,20	52,34
	12,50	58,52
	14,00	65,64
	16,00	75,14
5,00	7,10	34,64
	7,50	36,64
	8,00	39,14
	8,50	41,14
	9,00	44,14
	9,50	46,64
	10,00	49,14
	10,60	52,14
	11,20	55,14
	11,80	58,14
	12,50	61,64
	13,20	65,14
	14,00	69,14
	15,00	74,14
	16,00	79,14
	20,00	99,14

а	б	S
5,00	25,00	124,1
	30,00	149,1
5,30	8,00	41,54
	9,00	46,84
	10,00	52,14
	11,20	58,50
	12,50	65,39
	14,00	73,94
	16,00	83,34
5,60	8,00	43,94
	8,50	46,74
	9,00	49,54
	9,50	52,34
	10,00	55,14
	10,60	58,50
	11,20	61,86
	11,80	65,22
	12,50	69,14
	13,20	73,06
	14,00	77,54
	15,00	83,14
	16,00	88,74

4. Изоляционные материалы

4.1. Требования к изоляции электрических машин

Изоляция любой детали электрической машины должна сохранять высокую надежность в течение всего периода эксплуатации, поэтому к ней предъявляются разносторонние требования, главным из которых является высокая электрическая прочность.

Если поместить лист электроизоляционного материала между двумя электродами и постепенно повышать напряжение между ними, то при каком-то значении напряжения произойдет пробой: электрический разряд пройдет сквозь слой изоляции и электроды замкнутся. Это напряжение называется пробивным. Чем выше пробивное напряжение, тем больше электрическая прочность изоляции. Современные электроизоляционные материалы обладают очень высоким пробивным напряжением, например пробивное напряжение пленки лавсана толщиной 0,05 мм достигает 9,5 кВ. Однако такое высокое пробивное напряжение имеют изоляционные материалы непосредственно после изготовления. Любые механические воздействия (изгибы, растяжения и т. д.) уменьшают их электрическую прочность.

В процессе сборки различных деталей электрической машины изоляционный материал приходится неоднократно изгибать, формовать, придавать ему нужную конфигурацию, опрессовывать, добиваясь монолитности слоев изоляции. Во время укладки обмотки в пазы ее изоляция подвергается изгибам, растяжению, иногда ударам и другим механическим воздействиям. Поэтому к изоляционным материалам, применяемым в электрических машинах, помимо высокой электрической прочности, предъявляют также ряд требований, определяемых технологией изготовления изоляции: материал должен легко формоваться и сохранять после формовки приданные ему свойства, не повреждаться при перегибах и растяжениях, при сжатии, опрессовке и укладке в пазы.

В процессе работы машины изоляция подвергается вибрации, большим механическим напряжениям при резких изменениях тока, а кроме того, на изоляцию вращающихся деталей электрической машины действуют центробежные силы. Поэтому второе требование к изоляции электрических машин — ее высокая механическая прочность.

С течением времени свойства изоляции ухудшаются. Она высыхает, становится хрупкой, ломкой и теряет механическую и электрическую прочность. Этот процесс называется старением. Процесс старения изоляции ускоряется при ее нагревании. При небольшом нагреве свойства изоляции ухудшаются медленно, но если температура превысит определенный уровень, то этот процесс

резко ускоряется. Уровень длительно допускаемой температуры определяется нагревостойкостью изоляции.

ГОСТ 8865 разделяет все электроизоляционные материалы по нагревостойкости на семь классов, обозначаемых латинскими буквами: Y, A, E, B, F, H и C. Нагревостойкость изоляционных материалов для классов Y — 90 °C, A — 115 °C, E — 120°, B — 130 °C, F — 150 °C, H — 180 °C, C — более 180 °C.

Нагрев электрической машины определяется не только потерями, но и температурой окружающей среды. Поэтому тепловое состояние машины оценивают по превышению температуры ее частей над температурой окружающего воздуха, которая принимается равной 40 °C. ГОСТ 183 устанавливает предельно допустимое превышение температуры обмоток в зависимости от типа машины и класса нагревостойкости их изоляции.

Способность изоляции проводить теплоту от проводников обмотки к окружающему воздуху называется ее теплопроводностью. Проводники, окруженные слоем изоляции из материала, плохо проводящего теплоту, будут нагреваться сильнее, чем при ее хорошей теплопроводности, их температура возрастает и процесс старения изоляции ускоряется. Чтобы избежать этого, для изоляции применяют материалы с высокой теплопроводностью, а выполняют ее по возможности без включений воздуха. Для этого катушки обмоток после наложения на них изоляции или после укладки обмотки в пазы пропитывают электроизоляционными лаками. Лак заполняет все пустоты между слоями изоляции и проводниками обмотки, повышает теплопроводность и механическую прочность изоляции.

На электрическую прочность изоляции в большей степени влияет содержание в ней влаги, в то же время электрические машины не всегда работают в помещениях с сухим воздухом. Если материал изоляции пористый, то влага из воздуха проникает в его поры и резко уменьшает электрическую прочность. Свойство материала впитывать влагу из воздуха называют гигроскопичностью. Чтобы электрическая прочность изоляции не снижалась во влажных помещениях, она должна быть мало гигроскопична. Это качество изоляции называют влагостойкостью. Пропитка в лаках резко улучшает влагостойкость изоляции, так как лак препятствует проникновению влаги внутрь изоляции.

Таким образом, чтобы при изготовлении обмоток, укладке их в пазы и во время работы машины изоляция сохраняла достаточную электрическую прочность, она должна быть монолитна, иметь высокую механическую прочность, нагревостойкость, теплопроводность, влагостойкость, а в необходимых случаях также маслостойкость и химостойкость.

4.2. Общие сведения

Изоляционные материалы, применяемые для изоляции электрических машин, можно разделить на несколько групп: синтетические; материалы, изготовляемые на основе слюды; стекловолокнистые, т. е. сделанные из стеклянных волокон; и материалы, основой которых служат целлюлоза и хлопчатобумажные

волокна. В некоторых конструкциях для изоляции применяются картоны и материалы, получаемые из асбеста; пряжи, ткани, бумаги.

Основными материалами для изоляции обмоток машин низкого (до 660 В) напряжения являются синтетические: различные полиэтилентерафталатные (ПЭТФ) пленки типа лавсан, полиамидные бумаги, картоны и др.

Пленки имеют малую толщину (0,05—0,06 мм) и большую электрическую прочность. Их применяют в сочетании с подложками из бумаги или картона, улучшающими механические свойства изоляции. При этом электрическая прочность и нагревостойкость такого композиционного материала, как, например, пленкоэлектрокартон, определяются свойствами самой пленки и подложки.

Для изоляции обмоток высоковольтных электрических машин с номинальным напряжением 3000 В и выше применяют изоляционные материалы на основе слюды. Слюда — минерал. Она встречается в природе в виде кристаллов, которые легко расщепляются на пластинки. Тонкие пластинки — лепестки толщиной менее сотой доли миллиметра называют щепаной слюдой. Склеивая лепестки слюды, получают различные электроизоляционные материалы — миканиты. Для увеличения их механической прочности лепестки слюды в некоторых материалах наклеивают на подложку из бумаги или стеклоткани. Подложки предохраняют слюдяной слой от расслаивания при изгибе материала. В зависимости от сорта слюды, способов изготовления, клеящего лака, наличия или отсутствия подложек различают несколько сортов миканита.

Твердые миканиты изготавливают без подложек, горячим прессованием пластинок слюды с термореактивным связующим. Они применяются для получения плоских, не подвергающихся изгибам изоляционных прокладок и имеют большую механическую прочность. К твердым миканитам относится, например, коллекторный, из которого изготавливают прокладки для изоляции коллекторных пластин (ламелей) друг от друга.

Формовочные миканиты в отличие от твердых после изготовления сохраняют способность принимать ту или иную форму при прессовании в нагретом состоянии и сохранять ее после охлаждения. Они применяются в основном для изоляции коллекторов (фигурные коллекторные манжеты), различных втулок, каркасов катушек и других фасонных изоляционных деталей. К особой разновидности формовочного миканита относится микафолий — тонкий листовой материал, состоящий из пластинок слюды, наклеенных на подложку из бумаги или стеклоткани (стекломикафолий). Он используется для изготовления твердой гильзовой изоляции обмоток. Микафолий с бумажной подложкой относится к классу нагревостойкости В. Стекломикафолий в зависимости от связующего состава может быть использован в изоляции классов В, F или Н.

Гибкие миканиты отличаются от твердых и формовочных гибкостью при нормальной температуре, которую сохраняют после нагрева и охлаждения. Они применяются для изоляции различных частей обмоток в пазовой и лобовой частях, прокладок и т. п. Разновидностью гибкого миканита является микалента — ленточный материал из склеенных пластинок слюды с двухсторонней подложкой из микалентной бумаги или стеклоленты (стекломикалента). Толщина микалент 0,13 или 0,17 мм. Их применяют главным образом для изоляции обмоток

высоковольтных машин. В зависимости от клеящего состава и материала подложек микаленты относятся к классам нагревостойкости В, F или Н. Микалента поступает свернутой в ролики и упакованной в плотно закрытые жестяные коробки. Вынутая из коробки микалента должна быть сразу же использована, так как на воздухе она быстро пересыхает и становится непригодной.

Изготовление материалов на основе щепаной слюды — чрезвычайно трудоемкий процесс и до сих пор не механизированный, так как требуется предварительное расщепление кристаллов слюды на пластинки (отсюда название — щепаная слюда), их калибровка и равномерная наклейка по слоям на подложку.

В настоящее время применяют материалы, в которых используются не пластинки слюды, а ее мелкие чешуйки, полученные механическим раздроблением кристаллов. Из чешуек изготавливают слюдинитовую бумагу, которая служит основой для ряда изоляционных материалов, аналогичных миканитам. С помощью связующих материалов и подложек из стеклоткани получают коллекторный и формовочный слюдиниты, гибкие слюдиниты и стеклослюдиниты, слюдинитофолий и стеклослюдинитофолий, слюдинитовые и стеклослюденитовые ленты и другие материалы, вполне заменяющие миканиты. В то же время они намного дешевле и технологичнее, чем изоляционные материалы на основе щепаной слюды.

Из более крупных чешуек слюды изготавливают слюдопластовые материалы, аналогичные слюдинитовым, но имеющим более высокие механические свойства (коллекторный, формовочный прокладочный слюдопласт, слюдопластофолий, слюдопластовые ленты и т. п.). Эти материалы не уступают по своим электрическим свойствам соответствующим сортам миканитов, но превосходят их по гибкости, поэтому широко используются в современных изоляционных конструкциях.

Изоляционные материалы, изготовленные из стеклянного волокна, — стеклоленты и стеклоткани, обладают высокой нагревостойкостью и большой прочностью на разрыв, но они не стойки к истиранию и повреждаются при многократных изгибах. Их используют как вспомогательные при изолировании обмоток, а также в качестве подложек для изготовления стекломиканитов и композиционных материалов на основе слюдинитов, например стеклослюдинита. Пропитка лаком повышает их механическую прочность, но снижает нагревостойкость, так как сами стекловолокнистые материалы имеют большую нагревостойкость, чем пропитывающие лаки.

Среди стекловолокнистых материалов следует выделить стеклоленты из нетканого стекловолокна, имеющие очень большую прочность на разрыв. Их используют для бандажирования лобовых частей обмоток, расположенных на роторах, вместо ранее применявшейся для этой цели стальной бандажной проволоки.

Из целлюлозы делают различные бумаги и электрокартон, а из хлопчатобумажной пряжи — полотна и ленты. Электрическая прочность этих материалов невелика, но они дешевы, легко изгибаются и имеют сравнительно большую механическую прочность. Их применяют для механической защиты других, менее прочных изоляционных материалов и в качестве прокладок. По нагревостойко-

сти они относятся к классу Y. Пропитка лаком повышает их нагревостойкость до класса А. Пропитанные лаком хлопчатобумажные ткани носят название лакотканей. Раньше их широко применяли в обмотках классов нагревостойкости изоляции А. В изоляции современных машин вместо хлопчатобумажных лент и тканей почти всегда применяют стеклоленты и стеклоткани.

Изоляционные материалы на основе асбеста обладают высокой нагревостойкостью и механической прочностью, но в электрических машинах находят ограниченное применение из-за их низкой теплопроводности и высокой гигроскопичности.

4.3. Характеристика изоляционных материалов

4.3.1. Пленкосодержащие материалы

Таблица 4.1. Композиционные материалы на основе полимерных пленок и картона

Марка	Конструкция	Связующее	Температурный индекс, °С	Назначение	Толщина, мм	Габариты
Пленкостеклоткань ГТП-2ПЛ (ТУ 16-503.124-78)	Полиэтилентерефталатная пленка, стеклоткань, полиэтилентерефталатная пленка	Полиэфирное связующее	155	Пазовая изоляция электрических машин для ручной изолировки	0,17; 0,20; 0,25	Изготавливается листами размером 450 ×(860–900) мм и в рулонах шириной 900 ±10 мм, намотанных на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм
Имидофлекс 292 (ТУ 3491-003-00214639-93)	Полиимидная пленка, стеклоткань, полиимидная пленка	Полиэфирнокаучуковый состав	180	Пазовая изоляция электрических машин для ручной изолировки	0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,50	Изготавливается листами размером от 200 до 900 мм и в рулонах шириной 900 ±10 мм, намотанных на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм
Имидофлекс 929 (ТУ 3491-003-00214639-93)	Стеклоткань, полиамидная пленка, стеклоткань				0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,50	
Лавитерм-1 (ТУ16-91И37.0249-ОЗТУ)	Один слой полиимидной пленки. Один или несколько слоев полиэтилентерефталатной пленки	Эпоксиднокаучуковый состав	155	Пазовая изоляция электрических машин и аппаратов для ручной и механизированной изолировки	0,15; 0,19; 0,2; 0,23; 0,25; 0,32; 0,37	Изготавливается в рулонах шириной не более 900 мм, диаметром не более 350 мм. Рулоны намотаны на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм
Лавитерм-2 (ТУ16-91И37.0249-ОЗТУ)	Два слоя полиамидной пленки. Один или несколько слоев полиэтилентерефталатной пленки				0,17; 0,19; 0,2; 0,25; 0,27; 0,32; 0,37; 0,43; 0,47	

Марка	Конструкция	Связующее	Температурный индекс, °С	Назначение	Толщина, мм	Габариты
Пленкосинтокартон 51, Пленкосинтокартон 51П (ПТУ 05758799-011-96)	Один слой полиэтилентерефталатной пленки. Один слой полиэфирной бумаги	Полиэфирное связующее	155	Пазовая изоляция электрических машин и аппаратов	Марка 51–0,17; 0,19; 0,25; 0,32; 0,37; 0,42 Марка 51П – 0,18; 0,2; 0,27; 0,33	Изготавливается в рулонах шириной не более 900 мм, диаметром от 100 до 350 мм, намотанными на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм, и в листах с размерами от 200 до 900 мм
Пленкосинтокартон 515 Пленкосинтокартон 515П (ТУ 05758799-011-96)	Один слой полиэтилентерефталатной пленки, два слоя полиэфирной бумаги, полиэфирное связующее				Марка 515 – 0,23; 0,25; 0,30; 0,32; 0,37; 0,47 Марка 515 П – 0,23; 0,25; 0,27; 0,35; 0,4	
Пленкоэлектрокартон ПЭК (ТУ 16-503.138-80)	Один слой электрокартона, один слой полиэтилентерефталатной пленки	Полиэфирное связующее	120	Для изоляции обмоток электрических машин	0,17; 0,27; 0,32	Изготавливается в рулонах шириной не менее 450 мм, намотанных на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм
Пленкоэлвктрокартон ПЭВС (ТУ 16-503.138-80)					0,45	
Пленкоэлектрокартон ПЭК				Пазовая и межфазная изоляция низковольтных электрических машин	0,17; 0,32; 0,45	
Материал пленкосодержащий формовочный ПСФ (ТУ 16-503.282-87)	Один слой полиэтилентерефталатной пленки, один слой арамидной бумаги	Полиэфирное связующее	155	Пазовая изоляция стержневых обмоток, токопроводящих стержней, применяется в качестве формующего материала в электрических машинах	0,12	Изготавливается в рулонах диаметром от 300 до 400 мм и шириной не менее 450 мм, намотанных на жесткую втулку с внутренним диаметром (76 ±1) мм
Лента полиамидная композиционная ЛПМК-Т (ТУ 16-503.209-81)	Полиамидная пленка, стеклоткань	Кремнийорганическое связующее	230	Корпусная изоляция электрических машин и аппаратов	0,08; 0,10; 0,13; 0,15; 0,17; 0,20	Изготавливается в рулонах и роликах диаметром (100 ±1) мм и шириной от 15 до 870 мм, намотанных на жесткую втулку диаметром не менее 30 мм
Лента полиамидная композиционная ЛПМК-ТТ (ТУ 16-503.209-81)					0,17; 0,20	
ГТП-2Пл (Изофлекс)	Пленка ПЭТ (полиэтилентерефталатная), стеклоткань, пленка ПЭТ	Полиэфирное связующее	155	Пазовая и межфазная изоляция низковольтных электрических машин	0,15–0,47	–
Синтофол	Полиэфирная бумага, полиэтилентерефталатная пленка	Полиэфирное связующее	155	Пазовая и межфазная изоляция низковольтных электрических машин	0,12	–

Марка	Конструкция	Связующее	Температурный индекс, °С	Назначение	Толщина, мм	Габариты
Синтофлекс	Различные композиции пленки ПЭТ, полизфирной бумаги, электрокартона и полиэфирной бумаги	Полиэфирное связующее	120, 155, 180	Пазовая и межфазная изоляция низковольтных электрических машин	0,17–0,47	–
Пленкоасбокартон (ТУ 16-503.044-77)	Представляет собой гибкий композиционный материал, состоящий из полиэтилентерефталатной пленки толщиной 0,05 мм или 0,1 мм, оклеенной с двух сторон электроизоляционным асбокартоном	–	–	Применяется в качестве электроизоляционного материала в электрических машинах, работающих в интервале температур от –40 °С до 130 °С	0,3; 0,35	Изготавливается в листах размером 490×920; 500×890; 680×890 мм

Таблица 4.2. Основные технические характеристики

Наименование показателей		Единица измерения	ГТП-2ПЛ			Имидофлекс			Пленкоэлектрокартон			
						292		929	ПЭК			ПЭВС
Номинальная толщина		мм	0,17	0,20	0,25	0,15; 0,17	0,20–0,50	0,20–0,50	0,17	0,27	0,32	0,45
Массовая доля компонентов	стеклоткани	%	25–50	25–50	25–50	–	–	–	–	–	–	–
	связующего вещества, не более		30	30	30	–	–	–	–	–	–	–
	летучих веществ, не более		0,5	0,5	0,5	–	–	–	–	–	–	–
Пробивное напряжение при 15–35 °С, не менее	до перегиба	кВ	13	13	13	11	13	13	7,0	8,0	11,0	8,5
	после перегиба и прокатки валиком усилием 20 Н		9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	–	–	–	–
	после перегиба на 180° через собственную толщину		–	–	–	–	–	–	7,0	7,0	9,0	7,5
	после выдержки в течение 6 ч. при 125 °С с последующим перегибом, прокаткой валиком усилием 20 Н, среднее		6,0	6,5	7,5	–	–	–	–	–	–	–
	после выдержки в течение 48 ч. при (23±2) °С		6,5	7,0	7,5	–	–	–	7,0	7,0	9,0	7,5

Наименование показателей	Единица измерения	ГТП-2ПЛ			Имидофлекс			Пленкоэлектрокартон			
					292		929	ПЭК			ПЭВС
Стойкость к надрыву, не менее	Н	300	300	300	200	200	180	150	300	300	300
Жесткость при изгибе, не более	Н	165	200	300	–	–	–	–	–	–	–
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, не менее	Н/см	–	–	–	–	–	–	110	170	195	300

Таблица 4.3. Основные технические характеристики лаеитерма

Наименование показателей	Единица измерения	Лавитерм-1							Лавитерм-2							
Номинальная толщина	мм	0,15	0,19	0,20	0,23	0,25	0,32	0,37	0,17	0,19	0,20	0,20	0,27	0,32	0,37	0,43	0,47
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, не менее	Н/см	130	170	180	190	200	210	300	170	190	200	210	230	320	340	380	400
Жесткость при сжатии кольца, не менее	Н	100	200	250	300	350	450	950	150	200	250	300	350	650	800	1000	1100
Пробивное напряжение, не менее, при 15–35 °С	кВ	11	12	11	13	14	19	22	11	13	13	15	17	20	22	25	27

Таблица 4.4. Основные технические характеристики пленкосинтокартона 51

Наименование показателей		Единица измерения	Пленкосинтокартон									
			51						51П			
Номинальная толщина		мм	0,17	0,19	0,25	0,32	0,37	0,42	0,18	0,20	0,27	0,33
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, не менее	продольное направление	Н/см	180	190	220	250	300	350	180	190	250	300
	поперечное направление		180	190	230	250	300	350	180	190	250	300
Стойкость к надрыву, не менее		Н	300	350	600	800	900	950	300	350	800	900
Пробивное напряжение, не менее при 15–35 °С, после перегиба		кВ	119	119	1514	1715	2018	2520	119	119	1715	2018

Таблица 4.5. Основные технические характеристики пленкосинтокартона 515

Наименование показателей		Единица измерения	Пленкосинтокартон										ПСФ
			515						515П				
Номинальная толщина		мм	0,23	0,25	0,30	0,32	0,37	0,47	0,25	0,27	0,35	0,40	0,12
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, не менее	продольное направление	Н/см	180	190	210	240	280	370	180	190	240	280	60
	поперечное направление		190	210	230	260	30	390	190	210	260	300	60
Стойкость к надрыву, не менее		Н	300	350	500	720	900	1050	300	350	720	900	–
Пробивное напряжение, не менее	при 15–35 °С	кВ	11	1	15	17	20	25	11	11	17	20	6
	после перегиба		9	9	13	15	17	18	9	9	15	17	4,5

Таблица 4.6. Основные технические характеристики ленты полиамидной композиционной

Наименование показателей		Единица измерения	Лента полиамидная композиционная ЛПМК-Т						Лента полиамидная композиционная ЛПМК-ТТ				
Номинальная толщина		мм	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,20	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20
Удельная разрушающая нагрузка, при 15–35 °С не менее		Н/см	60	80	100	120	140	160	80	100	130	160	220
Стойкость к надрыву, не менее, средняя, при 15–35 °С		Н	120	130	160	180	190	200	140	160	180	190	200
Содержание летучих веществ, не более		%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Пробивное напряжение, не менее	при 15–35 °С	кВ	4,5	4,5	4,5	4,7	4,7	4,7	5,0	5,0	5,2	5,2	5,2
	после перегиба		2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	3,0	3,0	3,0

Таблица 4.7. Основные технические характеристики пленкоасбокартона

Наименование показателя			Пленкоасбокартон
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	в исходном состоянии при температуре 15–35 °С и относительной влажности 45–75 %	средняя	31
		минимальная	25,5
	после двух перегибов на 180° через собственную толщину	средняя	25
		минимальная	20
	после 24 ч пребывания в камере влажности при температуре 20 ±2 °С и относительной влажности 95 ±2 %	средняя	25
		минимальная	15
Жесткость в продольном направлении, кгс, не менее		для толщины 0,3 мм	0,9
		для толщины 0,35 мм	1,8

Материал электроизоляционный пленкосодержащий марки изофлекс 151п

Материал электроизоляционный пленкосодержащий марки изофлекс 151п — ТУ 16-96 И05.0245.003 ТУ — представляет собой пропитанную стеклоткань, запрессованную между слоями полиэтилентерефталатной пленки, предназначается для использования в низковольтных электродвигателях и аппаратах с системами изоляции класса нагревостойкости B и F. Выпускается размером от 200 до 900 мм (предельные отклонения ±30 мм при ширине листа до 500 мм включительно и ±50 мм при стороне листа свыше 500 мм). Номинальные толщины — (0,13; 0,15: 0,17) ±0,02 мм; 0,20 ±0,03.

Таблица 4.8. Основные технические характеристики изофлекс 151п

Наименование показателя		Единица измерения	Норма для материала толщиной 0,13–0,50 мм
Стойкость к надрыву, не менее	в продольном направлении	Н	300
	в поперечном направлении		280
Пробивное напряжение, не менее	в исходном состоянии	кВ	13
	после перегиба		9
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении в исходном состоянии, не менее	в продольном направлении	Н/м	140
	в поперечном направлении		100
Относительное удлинение при разрыве в исходном состоянии, не менее	в продольном направлении	%	3
	в поперечном направлении		2

Пленкоасбокартон

Пленкоасбокартон — ТУ 16-503.044-77 — гибкий композиционный материал, состоящий из полиэтилентерефталатной пленки толщиной 0,05 мм или 0,1 мм, оклеенной с двух сторон электроизоляционным асбокартоном. Применяется в качестве электроизоляционного материала в электрических машинах, работающих в интервале температур от −40 °С до 130 °С. Выпускается размером (490×920; 500×890; 680×890) ±10 мм; толщиной — (0,3; 0,35) ±0,03 мм.

Таблица 4.9. Основные технические характеристики пленкоасбокартона

Наименование показателя			Единица измерения	Норма
Электрическая прочность, не менее	в исходном состоянии при температуре (15–35) °С и относительной влажности 45–75 %	средняя	кВ/мм	31
		минимальная		25,5
	после двух перегибов на 180° через собственную толщину	средняя	кВ/мм	25
		минимальная		20
	после 24 ч пребывания в камере влажности при температуре (20 ±2) °С и относительной влажности (95 ±2) %	средняя	кВ/мм	25
		минимальная		15
Жесткость в продольном направлении, не менее		для толщины 0,3 мм	кгс	0,9
		для толщины 0,35 мм		1,8

4.3.2. Слюдосодержащие материалы

Миканиты

Миканиты — слоистый электроизоляционный материал, изготовленный методом ручной или механической клейки слюды на глифталевом, кремнийорганическом, масляно-битумном клеящем лаке с последующей печной или воздушной сушкой либо с горячим прессованием. Миканиты применяются в качестве электроизоляционного материала в электрических машинах и аппаратах.

Миканиты подразделяются на гибкие, прокладочные и формовочные.

Миканиты гибкие (ГФС, ГФК, ГМС) — ГОСТ 6120-75 — изготавливаются толщиной от 0,15 до 0,50 мм методом ручной клейки слюды с кремнийорганическим, глифталевым и масляно-битумным связующим с последующей горячей подпрессовкой. Они имеют хорошие механические показатели, могут быть использованы в качестве электроизоляции в аппаратах любой конфигурации. Длительно допустимая рабочая температура до 130 °С. Выпускаются в листах 450×1100 мм.

Миканиты прокладочные — ПМГ (на основе слюды мусковит), ПФК, ПФГ (на основе слюды флогопит) — ГОСТ 6121-75 — изготавливаются толщиной от 0,15 до 5,0 мм путем горячего прессования механической раскладки слюды с кремнийорганическим или глифталевым связующим. Имеют повышенную устойчивость к расслоению и применяются в качестве электроизоляционных прокладок и шайб. Длительно допустимая рабочая температура до 130 °С. Выпускаются в листах 550×900 мм.

Миканиты формовочные — ФФГ, ФФК, ФФКА (миканит на основе слюды флогопит), ФМГА ФМГ (миканит на основе слюды мусковит) — ГОСТ 6122-75 — изготавливаются толщиной от 0,15 до 1,5 мм аналогично прокладочным миканитам. Имеют повышенную нагревостойкость и хорошие электрические показатели. Длительно допустимая рабочая температура до 130 °С. Выпускаются в листах 550×900 мм.

Стекломиканиты гибкие (ГФС-ТТ, ГФК-ТТ, ГМК-ТТ) — ГОСТ 8727-78 — изготавливаются толщиной от 0,20 до 0,60 мм путем ручной клейки слюды на подложке из стеклоткани с одной или двух сторон с кремнийорганическим и глифталевым связующим с последующей горячей подпрессовкой. Применяются в качестве изоляции обмоток электрических машин при напряжении до 700 В переменного тока и до 1000 В постоянного тока, а также для пазовой изоляции электрических машин. Длительно допустимая рабочая температура (130...180) °С.

Микалента (ЛМЧ-ББ, ЛФЧ-ББ, ЛФК-ТТ, ГФК-ТТ) — ГОСТ 4268-75 — представляет собой ролики электроизоляционного материала шириной от 10 до 30 мм и толщиной от 0,10 до 0,21 мм, изготовленные методом ручной клейки слюды на подложках из стеклоткани или микалентной бумаги с последующей печной или воздушной сушкой. Применяется в качестве обмоточного электроизоляционного материала в электрических машинах и аппаратах (ЛМЧ-ББ — для корпусной изоляции обмоток электрических машин при напряжении переменного тока до 15 кВ). Длительно допустимая рабочая температура до 130 °С.

Таблица 4.10. Толщина и предельные отклонения от номинальной толщины

Марка миканита	Номинальная толщина, мм	Предельное отклонение, мм	
		среднее	в отдельных точках
Миканит гибкий ГФК	0,15–0,25	±0,05	±0,12
	0,30–0,50	±0,08	±0,15
Миканит прокладочный ПМГ	0,15–5,0	±0,05	±0,08
		±0,75	±1,25
Миканит формовочный ФФГ	0,15–0,25	±0,05	±0,10
	0,30–0,35	±0,05	±0,12
	0,40–0,45	±0,06	±0,15
	0,50	±0,08	±0,18
	0,60	±0,09	±0,18
	0,70	±0,10	±0,21
	0,80	±0,12	±0,24
	0,90	±0,13	±0,27
	1,00	±0,15	±0,30
	1,50	±0,22	±0,45
Стекломиканит гибкий ГФС-ТТ	0,20	±0,06	±0,12
	0,25		
	0,30		
	0,35–0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,60		
Микалента ЛФК-ТТ	0,10	±0,02	±0,04
	0,11		
	0,13		
	0,15		
	0,17		
	0,21		

Таблица 4.11. Физико-механические и электрические свойства

Наименование показателя		Единица измерения	ГФК	ПМГ	ФФГ	ГФС-ТТ	ЛФК-ТТ
Электрическая прочность в исходном состоянии, при температуре 15–35 °C и относительной влажности 45–75 %, не менее, для толщин, мм	0,15–0,25	кВ/мм	24	–	35	18	13–24
	0,30–0,50		22	21	30	17–18	–
	0,60–0,70		–	16–18	25	17	–
Содержание компонентов (для всех толщин)	летучих веществ, не более	%	5	–	1	4	1
	склеивающего вещества		12–31	8–20	14–40	15–30	17–33
	слюды		69–88	80 –92	80–86	40–55	35
Расслаиваемость, не более		%	–	10	–	–	–

Слюдопласты и стеклослюдопласты

Слюдопласты и стеклослюдопласты применяются в качестве межламельной и пазовой изоляции электрических машин.

Таблица 4.12. Технические характеристики некоторых коллекторных слюдопластов

Марка материала	Класс нагревостойкости	Температурный индекс, °C	Композиционный состав	Связующее	Толщина, мм
КИФЭ	F	155	Слюдобумага	На основе эпоксидных смол	0,4–1,5
КИФЭ-А	F	155	Слюдобумага, стеклоткань	Эпоксидное	0,7–1,5

Таблица 4.13. Технические характеристики некоторых формовочных слюдопластов

Марка материала	Класс нагревостойкости	Температурный индекс, °C	Композиционный состав	Связующее	Толщина, мм
ФИФП-АХФ-АПл	H	180	Слюдобумага, стеклоткань, пленка ПЭТ (полиэтилентерефталатная)	–	0,4–1,5
ФИФК-ТПл	H	180	Слюдобумага, стеклоткань, пленка ПЭТ	Кремнийорганическое	0,25
Элмика 323 (ФИП-Апл)	H	180	Слюдобумага, стеклоткань пленка ПЭТ	Кремнийорганическое	0,25

Стеклослюдопласты и стеклопленкослюдопласты

Стеклослюдопласты, стеклопленкослюдопласты — прессованные материалы на основе слюдопластовых бумаг, стеклотканей, пропитанных эпоксидным или кремнийорганическим связующим. Применяются в качестве межламельной и пазовой изоляции электрических машин.

Таблица 4.14. Технические характеристики некоторых стеклослюдопластов и стеклопленкослюдопластов

Марка материала	Класс нагревостойкости	Температурный индекс, °С	Композиционный состав	Связующее	Толщина, мм
ГИП-ТС(в)	F	155	Слюдобумага, стеклоткань	Полиэфирноэпоксидное	0,25–0,45
ГИК-ТС(в)	H	180	Слюдобумага, стеклоткань	Кремнийорганическое	0,25–0,45
ГСП-ТПл	F	155	Слюдобумага, стеклоткань, пленка ПЭТ (полиэтилентерефталатная)	Полиэфирноэпоксидное	0,05–0,5
ГИП-ЛСП-Пл(в)	F	155	Слюдобумага, стеклоткань, пленка ПЭТ	Полиэфирноэпоксидное	0,35–0,5
ГИП-Т-СПл(в)	F	155	Слюдобумага, стеклоткань, пленка ПЭТ	Полиэфирноэпоксидное	0,25–0,4

Примечание: (в) — влагостойкий.

Стеклослюдоленты, стекломикаленты

Стеклослюдоленты — это ленты, представляющие собой композицию слюдяной бумаги, стеклоткани, полимерной пленки и пропитанные кремнеорганическим или иным связующим. Применяются в качестве корпусной и витковой изоляции обмоток высоковольтных и низковольтных электрических машин и тяговых двигателей.

Таблица 4.15. Технические характеристики некоторых стеклослюдолент

Марка ленты	Класс нагревостойкости	Температурный индекс, °С	Композиционный состав	Связующее	Толщина, мм
ЛСК-110ТПл (СПл)	B	130	Стеклоткань, слюдобумага, пленка ПЭТ	Эпоксиднополиэф. компаунд	0,08–0,17
ЛСЭП-934ТПл	F	155	Стеклоткань, слюдобумага, пленка ПЭТ	Эпоксиднополиэфирный лак	0,08–0,17
ЛСБП-М	F	155	Слюдобумага, пленка ПЭТ	–	–
ЛСБП-Т-М	F	155	Стеклоткань, слюдобумага, пленка ПЭТ	–	–

Стекломикаленты — ленты, изготовленные на основе натуральной слюды, стеклотканей, пропитанных масляно-глифталевым или кремнийорганическим связующим. Применяются в качестве корпусной и витковой изоляции обмоток высоковольтных и низковольтных электрических машин и тяговых двигателей.

Таблица 4.16. Технические характеристики стекломикалент

Марка материала	Класс нагревостойкости	Температурный индекс, °С	Композиционный состав	Связующее	Толщина, мм
ЛФК-ТТ	H	180	Слюда флогопит, стеклоткань	Кремнийорганическое	0,10–0,17
ЛМК-ТТ	H	180	Слюда мусковит, стеклоткань	Кремнийорганическое	0,10–0,17

4.3.3. Материалы пропитанные

Стеклоткань пропитанная

Стеклоткань пропитанная марки ПС-ИФ/ЭП (ТУ 16-503.036-75) представляет собой материал, полученный путем пропитки стеклоткани фенолформальдегидным (эпоксиднофенолформальдегидным) лаком общего назначения. Применяется для изготовления из нее деталей методом горячего прессования. Стеклоткань выпускается в рулонах с номинальной шириной (690; 790; 890; 940; 1070) ±20 мм.

Таблица 4.17. Технические характеристики стеклоткани

Наименование	Смола, %	Летучие вещества, %, не более	Растворимая смола, %, не менее
ПС-ИФ/ЭП	40–55	3,0	90

Лакоткани

Лакоткань электроизоляционная марки ЛСМ(б)-105/120-ТУ 16-95 И05.0003.006 ТУ применяется в качестве электроизоляционного материала для длительной работы при температуре до 120±5 °С.

Таблица 4.18. Технические характеристики лакоткани ЛСМ(б)-105/120

Марка лакоткани	Номинальная толщина	Предельное отклонение	
		среднее	в отдельных точках
ЛСМ(б)-105/120	0,12	0,02	0,03
	0,15	0,02	0,03
	0,17	0,02	0,03
	0,20	0,02	0,03

Таблица 4.19. Электромеханические характеристики лакоткани ЛСМ(б)-105/120

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">Наименование показателя</th><th colspan="4">Норма для номинальных толщин, мм</th></tr>
<tr><th>0,12</th><th>0,15</th><th>0,17</th><th>0,20</th></tr>
<tr><td rowspan="9">Пробивное напряжение лакоткани на электродах диаметром 6 мм, кВ, не менее</td><td rowspan="2">при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 %</td><td>среднее</td><td>4,9</td><td>5,4</td><td>6,0</td><td>6,7</td></tr>
<tr><td>в отдельных точках</td><td>2,9</td><td>3,2</td><td>3,5</td><td>3,9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 % после перегиба</td><td>среднее</td><td>3,0</td><td>3,6</td><td>4,2</td><td>4,4</td></tr>
<tr><td>в отдельных точках</td><td>2,3</td><td>2,6</td><td>2,8</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">при температуре 120 ±2 °С</td><td>среднее</td><td>3,1</td><td>3,6</td><td>4,1</td><td>4,6</td></tr>
<tr><td>в отдельных точках</td><td>2,2</td><td>2,6</td><td>3,0</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">после пребывания в атмосфере с относительной влажностью 93 ±2 % при температуре 23 ±2 °С в течение 96 ч</td><td>среднее</td><td>1,9</td><td>2,4</td><td>3,0</td><td>3,4</td></tr>
<tr><td>в отдельных точках</td><td>1,0</td><td>1,5</td><td>2,0</td><td>2,6</td></tr>
<tr><td>при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 % в состоянии растяжения</td><td>среднее</td><td>8,0</td><td>10,5</td><td>13,0</td><td>15,0</td></tr>
</table>

Наименование показателя		Норма для номинальных толщин, мм			
		0,12	0,15	0,17	0,20
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, кН/м, не менее, при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 %	средняя	8,0	10,5	13,0	15,0
	минимальная	7,0	8,5	9,5	10,0
Нагрузка для получения нормированного относительного удлинения, равного 6 %, Н	допускаемые пределы средних значений нагрузок	4–15	5–20	5–25	6–30
	максимальное значение нагрузки	20	25	30	35

Лакоткань электроизоляционная марки ЛСК(б)-155/180-ТУ 16-96 И05.0003.005 ТУ применяется в качестве электроизоляционного материала для длительной работы при температуре до 180 °С.

Таблица 4.20. Технические характеристики лакоткани ЛСК(б)-155/180

Марка лакоткани	Номинальная толщина, мм	Предельное отклонение	
		среднее	в отдельных точках
ЛКС(б)-155/180	0,10	±0,02	±0,02
	0,12	±0,02	±0,03
	0,15	±0,02	±0,03

Таблица 4.21. Технические характеристики лакоткани ЛСК(б)-155/180

Наименование показателя			Норма для номинальных толщин, мм	
			0,10	0,15
Пробивное напряжение лакоткани на электродах диаметром 6 мм, кВ, не менее	при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 %	среднее	5,5	8,0
		в отдельных точках	4,0	5,0
	при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 % после перегиба	среднее	1,2	4,0
		в отдельных точках	–	2,0
	при температуре 180 ±25 °С	среднее	3,0	4,5
		в отдельных точках	1,5	3,0
	после пребывания в атмосфере с относительной влажностью 93 ±2 % при температуре 23 ±2 °С в течение 96 ч	среднее	3,3	4,8
		в отдельных точках	0,9	3,0
	при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 % в состоянии растяжения	среднее	–	4,5

Наименование показателя		Норма для номинальных толщин, мм	
		0,10	0,15
Удельная разрушающая нагрузка при растяжении, кН/м, при температуре 15–35 °С и относительной влажности воздуха 45–75 %, не менее	средняя	8,0	13,0
	минимальная	7,0	9,5
Нагрузка для получения нормированного относительного удлинения, равного 6 %, Н	допускаемые пределы средних значений нагрузок	4–30	5–35
	максимальное значение нагрузки	35	40

Таблица 4.22. Основные типы выпускаемых лакотканей

Лакоткань капронова ЛКМ-105, т. 0,10–0,15
Лакоткань капроновая ЛКМС-105, т. 0,10–0,15
Лакоткань на шелке ЛШМС-105 т. 0,06–0,15
Лакоткань на шелке ЛШМ-105 т. 0,08–0,15
Стеклолакоткань ЛСКК-155/180 т. 0,12–0,17
Стеклолакоткань ЛСКК-155/180 т. 0,20
Стеклолакоткань ЛСК-155/180 т. 0,12–0,17
Стеклолакоткань ПС-ИФ/ЭП
Стеклолакоткань ПС-ИФ/ЭП (Э1-180ПМ-19× 1070)
Стелолакоткань ПС-ИФ/ЭП (Э1/1-100-18× 950)
Стеклолакоткань ПСС-ИФ/ЭП
Стеклолакоткань ТВФЭ-2
Стеклолакоткань ЛСМК-105/120 т. 0,13–0,15
Стеклолакоткань ЛСМК-105/120 т. 0,17–0,20
Стеклолакоткань ЛСМ-105/120 т. 0,15–0,20
Стеклолакоткань ЛСММ-105/120 т. 0,17–0,20
Стеклолакоткань ЛСПК-130/155 т. 0,12
Стеклолакоткань ЛСПК-130/155 т. 0,15–0,17
Стеклолакоткань ЛСП-130/155 т. 0,12
Стеклолакоткань ЛСП-130/155 т. 0,15–0,17
Стеклолакоткань ЛСКЛ-155 т. 0,12; 0,12 (Э4-80 ×900)
Стеклолакоткань ЛСКЛ-155 т. 0,15 (Э3-125); 0,15 (Э3-100)

4.3.4. Текстолиты и гетинаксы

Таблица 4.23. Текстолиты

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав	Температурный индекс, °С	Назначение	Габариты
Текстолит А	ГОСТ 2910-74 ТУ 05758799-014-96 (для толщины свыше 50,0 мм)	Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидная смола	105	Для работы в трансформаторном масле и на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45–75 % при температуре 15–35 °С и частоте тока 50 Гц	Листы размером (450–980)× × (600–1480) мм; толщиной 0,5–50 мм
Конструкционный текстолит ПТК	ГОСТ 5-78	Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидная смола	105	Для изготовления шестерен червячных колес, втулок, подшипников скольжения колец	Листы размером (450–950)× × (600–1480) мм, толщиной 0,5–80,0 мм
Поделочный текстолит ПТ	ГОСТ 5-78	Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидная смола	105°	Для изготовления тех же деталей, для которых предназначена марка ПТК, но работающих при более низких нагрузках	Листы размером (450–950)× × (600–1480) мм толщиной 0,5–80,0 мм

Таблица 4.24. Основные технические характеристики текстолитов

Наименование показателей	Единица измерения	Текстолит А	Текстолит ПТК	Текстолит ПТ
Разрушающее напряжение при изгибе перпендикулярно слоям, не менее	МПа	80	152	142
Разрушающее напряжение при растяжении, не менее	МПа	35	–	–
Разрушающее напряжение при сжатии, не менее, параллельно слоям	МПа	–	160	155
Ударная вязкость, по Шарли, на образцах без надреза, не менее	кДж/м^2	с надрезом 6,8	36	36
Водопоглощение, не более для листов толщиной 3,5 мм	мг	166	–	–
Водопоглощение, не более	%	–	0,7	0,7
Пробивное напряжение параллельно слоям (одноминутное проверочное испытание) в условиях (90 °С) трансформаторного масла, не менее	кВ	12,0	–	–

Таблица 4.25. Стеклотекстолиты

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав	Температурный индекс, °С	Назначение	Габариты
СТЭФ-У	ТУ16-89И79.0066 002ТУ	Стеклоткань, эпоксидофенольное связующее	155°	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45–75 % при 15–35 °С и напряжении 1000 В, частоте тока 50 Гц и повышенной влажности 93 ±2 % при температуре 40 ±2 °С при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 0,35–50 мм и листы размером 700–1000× × 1500 мм; толщина 60,0–100 мм
СТ-ЭТФ	ГОСТ 12652-74	Стеклоткань, эпоксидофенольное связующее	180°	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45–75 % при 15–35 °С и напряжении 1000 В, частоте тока 50 Гц и повышенной влажности 93 ±2 % при температуре 40 ±2 °С при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц. Повышенная теплостойкость	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 0,35–50 мм
СТЭФ-НТ	ГОСТ 12652-74	Материал нетканый из стекловолокна, эпоксидофенольное связующее	155°	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45–75 % при 15–35 °С и напряжении 1000 В, частоте тока 50 Гц и повышенной влажности 93 ±2 % при температуре 40 ±2 °С при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 2,0–50 мм
СТЭБ	ГОСТ 12652-74	Стеклоткань, эпоксидобромированное связующее	140°	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45–75 %, при 15–35 °С и напряжении 1000 В, частоте тока 50 Гц и повышенной влажности 93 ±2 % при температуре 40 ±2 °С при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц. Пониженная горючесть	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 1,5–50 мм
СТЭБ-ОП	ТУ 16-503.275-86	Стеклоткань, эпоксидобромированное связующее	140°	СТЭБ-ОП-Р – для лакосажевых резисторов СТЭБ-ОП- П – для прокладок и плат. Пониженная горючесть	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 0,35–1,5 мм
СТЭФ-П	ТУ 16-503.168-78	Стеклоткань, полупроводящее эпоксидофенольное связующее	155°	Для уплотнения статорных обмоток гидрогенераторов	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 0,2–5,0 мм
СТЭФ-ПВ	ТУ 16-503.168-78	Стеклоткань, полупроводящее эпоксидофенольное связующее	155°	Для уплотнения обмоток в пазах статоров высоковольтных электрических машин	Листы размером 540–980× × 600–1480 мм; толщина 0,4–1,0 мм

Таблица 4.26. Основные технические характеристики стеклотекстолитов

Наименование показателей		Единица измерения	СТ-ЭТФ	СТЭФ-У	СТЭФ-НТ	СТЭБ	СТЭБ-ОП	СТЭФ-П
Разрушающее напряжение при изгибе перпендикулярно слоям, не менее		МПа	350	220	320	350	350	225
Разрушающее напряжение при растяжении, не менее		МПа	220	50	220	220	–	–
Ударная вязкость по Шарли параллельно слоям на образцах с надрезом, не менее		кДж/м^2	50	35	30	50	–	–
Пробивное напряжение параллельно слоям (одноминутное проверочное испытание) в условиях (90 °С) в трансформаторном масле, не менее		кВ/мм	35	–	28	35	–	–
Электрическая прочность перпендикулярно слоям (одноминутное проверочное испытание), не менее, для толщины, мм	1,5	кВ/мм	11,5	–	–	–	13,1	–
	3,0		10,4	10,2	8,0	11,5	–	–
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте $1 \cdot 10^6$ Гц после кондиционирования, не более		–	0,04	–	0,04	0,04	0,04	–
Горючесть (время горения), не более		с	–	–	–	5	10	–
Водопоглощение, не более, для толщины, мм	1,5	мг	23	–	–	–	19	–
	3,0		23		23	23	–	–

Таблица 4.27. Стеклопластики профильные

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав	Температурный индекс, °С	Назначение	Габариты
СПП-ЭИ	ТУ 16.503.210-81	Стеклоровинг, эпоксидное связующее	155	Применяется в подвесных линейных изоляторах, межфазовых изолирующих распорках, изолирующих траверсах в электрических машинах и аппаратах	Изготавливается в виде стержней длиной от 750 до 4000 мм с предельными отклонениями ±10 мм. Площадь поперечного сечения от 0,5 до 28,26 см^2
СПП-БИД	ТУ 16-503.170-78	Стеклоровинг, полиэфиримид	155	В качестве пазовых клиньев в электрических машинах	Изготавливается в виде прутков поперечного сечения прямоугольной, трапецеидальной, круглой, полукруглой, сегментной формы, длиной не менее 1500 мм. Размеры сечения: высота 2,0–6,0 мм; ширина 4,2–16,0 мм

Таблица 4.28. Основные технические характеристики профильных пластиков

Наименование показателей		Единица измерения	СПП-ЭИ		СПП-БИД
			сечение, см^2		сечение, мм: h = (2,0–6,0) b = (4,2–16,0)
			до 4,0	4,1–28,26	
Разрушающее напряжение при растяжении, не менее		МПа	800	700	580
Разрушающее напряжение при статическом изгибе, не менее		МПа	–	–	900
Модуль упругости при растяжении не менее		МПа	$0{,}3 \cdot 10^5$	$0{,}3 \cdot 10^5$	–
Ударная вязкость, не менее	поперек волокон	кДж/м^2	–	–	250
	перпендикулярно волокнам		265	265	–
Водопоглощение, не более		%	0,05	0,05	0,7
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, не менее		Ом	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{12}$

Таблица 4.29. Гетинаксы

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав	Температурный индекс, °С	Назначение	Габариты
Лавсановый гетинакс ЛГ	ТУЧ 6-503-224-82	Лавсановая бумага, эпоксидофенольное связующее	155	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности при 45–75 % и температуре 15–35 °С, а также в условиях повышенной влажности 93 ±2 % и температуре 40 ±2 °С без дополнительного влагозащищенного лакового покрытия	Листы размером 450–950× × 700–1480 мм; толщина 0,5 –50 мм
Гетинакс I	ГОСТ 2718-74	Электроизоляционная пропиточная бумага, фенолоформальдегидное связующее	120	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности при 45 –75 % и температуре 15–35 °С и в трансформаторном масле при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц	Листы размером 450–980× × 700–2480 мм; толщина 0,2–50 мм
Гетинакс V	ГОСТ 2718-74	Электроизоляционная пропиточная бумага, эпоксидофенольное связующее	120	Для работы на воздухе в условиях нормальной относительной влажности при 45 –75 % и температуре 15–35 °С и в трансформаторном масле при напряжении свыше 1000 В и частоте тока 50 Гц	Листы размером 450–980× × 700–2480 мм; толщина 1,0–50 мм

Таблица 4.30. Основные технические характеристики гетинаксов

Наименование показателей	Единица измерения	ЛГ	I	V
Разрушающее напряжение при изгибе перпендикулярно слоям, не менее	МПа	80	105	105
Разрушающее напряжение при растяжении, не менее	МПа	60	80	70
Пробивное напряжение параллельно слоям (одноминутное проверочное испытание), не менее	кВ	30	12	32
Электрическая прочность перпендикулярно слоям (одноминутное проверочное испытание), не менее – для толщины 3,0 мм	кВ/мм	11,5	3,7	10,2
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц после кондиционирования, не более	–	0,04	–	0,05
Водопоглощение для толщины 3,5 мм, не более	мг	50	575	280

4.3.5. Стеклоленты, ленты бандажные и утягивающие

Ленты стеклянные — это ленты, изготовленные из стеклонитей. Применяются в качестве бандажирующего и утягивающего слоя в системе изоляции низковольтных и высоковольтных электрических машинах. Выпускаемые марки стеклолент: ЛЭСБ 0,1×20; 0,1×25; 0,2×20; 0,2×35.

Ленты бандажные — ленты, изготовленные из стеклянных нитей и пропитанные эпоксидным связующим. Используются для бандажирования якорей роторов электродвигателей. Выпускаемые марки бандажных лент: ЛСБЭ-155; ЛСБЭ-180; ЛСБ-155 (связующее — лак ПЭ-9180); СПЛ-155.

Ленты утягивающие (хлопчатобумажные) — ленты, изготовленные из хлопчатобумажной пряжи разного вида переплета. Применяются в качестве утягивающего слоя основной изоляции обмоток высоковольтных и низковольтных электрических машин. Выпускаемые марки: лента киперная шириной 25 и 30 мм, лента тафтяная шириной 25 и 30 мм.

Ленты утягивающие (самоусаживающиеся) — ленты на основе различных полимерных материалов, имеющие свойства самоусаживания. Применяются в качестве утягивающего слоя основной витковой и корпусной изоляции обмоток высоковольтных и низковольтных электрических машин. Марки: лента ЛЭТСАР КФ- 0,5 (лента на основе синтетического каучука, имеющая великолепные самослипающиеся и самоусаживающиеся свойства), лента лавсановая самоусаживающаяся (плетенная лента на основе лавсановых нитей).

Лента стеклобандажная марок ЛСБЭ-155, ЛСБ-155 ТУ 6-48-00204961-22-94

Лента стеклобандажная предназначена для бандажирования якорей и роторов электрических машин класса изоляции F.

Таблица 4.31. Основные технические характеристики лент стеклобандажных

Наименование показателей	ЛСБЭ-155	ЛСБ-155
Ширина ленты, мм	20^{+2}_{-3}	
Толщина ленты, мм	$0{,}2^{+0{,}05}_{-0{,}03}$	
Массовая доля связующего, %	24 ±2,0	22 ±2,0
Массовая доля летучих веществ, %	0,7–2,0	0,7–2,0
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, (кгс/мм^2), не менее	720 (72)	

Ленты электроизоляционные из стеклянных крученых комплексных нитей ГОСТ 5937-81

Ленты предназначены для изоляции обмоток электрических машин, аппаратов и проводов.

Таблица 4.32. Основные технические характеристики крученых комплексных нитей

Марка ленты	Толщина, мм	Ширина, мм	Число нитей основы в ленте, шт.	Плотность по утку, нитей/см^2	Разрывная нагрузка по основе, Н (кгс), не менее	Линейная плотность
ЛЭСБ	0,10 ±0,02	10 ±1	30 ±2	15 ±1	294	100
		20 ±1	54 ±2	15 ±1	441	230
		25 ±1	66 ±2	15 ±1	589 (60)	290
		30 ±1	78 ±2	15 ±1	785 (80)	350
		40 ±2	105 ±2	15 ±1	981 (100)	465
ЛЭСБ	0,15 ±0,03	20 ±1	48 ±2	13 ±1	687 (70)	330
		25 ±1	60 ±2	13 ±1	883 (90)	410
		35 ±2	84 ±2	13 ±1	1079 (110)	575
ЛЭСБ	0,20 ±0,025	15 ±1	30 ±2	12 ±1	687 (70)	330
		20 ±1	40 ±2	12 ±1	883 (90)	440
		25 ±1	50 ±2	12 ±1	1079 (110)	550
		30 ±2	60 ±2	12 ±1	1275 (130)	660
		35 ±2	70 ±2	12 ±1	1472 (150)	770
		40 ±2	80 ±2	12 ±1	1668 (170)	880
		45 ±2	88 ±2	12 ±1	1864 (190)	980
		50 ±2	96 ±2	12 ±1	2060 (210)	1090

4.4. Материалы для пропитки обмоток

4.4.1. Электроизоляционные лаки

Электроизоляционные лаки представляют собой растворы глифталевых или пентафталевых смол, модифицированных натуральными растительными маслами, жирными кислотами растительных масел, дистиллированным талловым маслом в органических растворителях.

Лак ГФ-95 (ГОСТ 8018-70) — электроизоляционный пропиточный лак с добавкой меламиноформальдегидной смолы, предназначается для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов с изоляцией класса нагревостойкости В.

Лак ГФ-985 (ТУ 16-504.012-77) — электроизоляционный пропиточный лак, применяется в электрокабельной промышленности при изготовлении обмоточных проводов.

Лак МЛ-92Н (ТУ 16-97И05.0235.001 ТУ) — раствор смеси глифталевого лака и карбамидоформальдегидной смолы в органических растворителях. Лак предназначается для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов.

Таблица 4.33. Основные технические характеристики электроизоляционных лаков

<table>
<tr><th colspan="2">Наименование показателя</th><th>Единица измерения</th><th>ГФ-95</th><th>ГФ-985</th><th>МЛ-92Н</th></tr>
<tr><td colspan="2">Условная вязкость по ВЗ-246 при температуре 20 ±0,5 °С</td><td>с</td><td>30–50</td><td>40–60</td><td>25–50</td></tr>
<tr><td colspan="2">Массовая доля нелетучих веществ</td><td>%</td><td>46–52</td><td>не менее 60</td><td>48–53</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кислотное число, не более</td><td>мг КОН/г</td><td>12</td><td>–</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="2">Время высыхания до степени 3, при 105–110 °С, не более</td><td>час</td><td>2</td><td>При 210 °С – 20 мин
При 280 °С – 8 мин</td><td>При 120 ±2 °С – 2 час</td></tr>
<tr><td colspan="2">Термоэластичность пленки при температуре 150 ±2 °С, не менее</td><td>час</td><td>48</td><td>При 105 °С – 20 час</td><td>48</td></tr>
<tr><td colspan="2">Твердость пленки по маятниковому прибору М-3 при температуре 20 ±1 °С, не менее</td><td>усл. ед.</td><td>0,42</td><td>–</td><td>0,3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Маслостойкость пленки, не менее</td><td>Н</td><td>59</td><td>–</td><td>78</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Электрическая прочность пленки при температуре °С, не менее</td><td>20 ±2</td><td rowspan="3">кВ/мм</td><td>70</td><td>40</td><td>70</td></tr>
<tr><td>130 ±2</td><td>при 120 °С – 45</td><td>–</td><td>40</td></tr>
<tr><td colspan="2">Электрическая прочность пленки после воздействия воды в течение 24 ч при температуре 20 ±2 °С</td><td>25</td><td>–</td><td>30</td></tr>
</table>

Лак МЛ-92 (ГОСТ 15865-70) — электроизоляционный лак, представляет собой раствор глифталевого лака и меламиноформальдегидной смолы в органических растворителях. Предназначен для пропитки обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов и покрытия электроизоляционных деталей. Класс нагревостойкости В.

Таблица 4.34. Основные технические характеристики лака МЛ-92

Наименование показателя	Единица измерения	МЛ-92	
Внешний вид пленки лака		–	глянцевая однородная гладкая, от светло- до темнокоричневого цвета
Условная вязкость при 20 °С по ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм)		с	25–50
Массовая доля нелетучих веществ		%	50–55
Кислотное число, не более		мг КОН/г	10
Время высыхания при 105–110 °С, не более		час	1
Твердость пленки при 20 ±1 °С, не менее		усл. ед.	0,40
Способность просыхания в толстом слое при 115–120 °С, не более		час	16
Термоэластичность пленки при 150 °С, не менее		час	48
Маслостойкость пленки, не менее		Н	78
Электрическая прочность, не менее, при °С	20 ±21	кВ/мм	70
	130 ±2		40
Электрическая прочность при 20 ±2 °С, после действия воды в течение 24 час, не менее			30

Таблица 4.35. Основные технические характеристики лаков ФЛ-98 и УР-231

Наименование лака	ГОСТ, ТУ	Область применения	Метод нанесения	Разбавление	Режим сушки
ФЛ-98	ГОСТ 12294-66	Пропитка обмоток электродвигателей с изоляцией класса нагревостойкости В	Окунание	Ксилол	При 120 ±2 °С – 2 часа
УР-231 УР-231Л	ТУ 6-21-14-90	Защита металлических изделий и печатных узлов, эксплуатируемых в интервале температур от минус 60 °С до плюс 120 °С	Налив, окунание, пневмораспыление, кисть	Смесь ксилола (4) и бутилацетата (1)	При 65 ±5 °С – 8 часов При 20 ±2 °С – 9 часов

4.4.2. Лаки для пропитки обмоток электрических машин

Таблица 4.36. Характеристики лаков для пропитки обмоток электрических машин

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав		Температурный индекс, °С	Назначение
		Химическая основа	Растворители		
МЛ-92	ГОСТ 15865-70	Модифицированный глифталь	Уайт-спирит, ксилол	130	Для пропитки обмоток электрических машин
ПЭ-9180	ТУ16-93И37.0214.012ТУ	Полиэфирэпоксид	Толуол, этилцеллозола	155	
ПЭ-9153 ПЭ-9153М	ТУ 16-504.055-84	Модифицированный олигоимдалкид	Ксилол, уайт-спирит	155	

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав		Температурный индекс, °С	Назначение
		Химическая основа	Растворители		
ПЭ-993	ТУ И37.0214.02-92	Полиуретан	Ксилол, циклогексанон	155	Для пропитки обмоток электрических машин
УР-9144	ТУ 16-504.047-81	Модифицированный полиуретан	Ксилол, циклогексанон	155	
ИД-9152	ТУ 16-504.061-86	Полиэфирциануратимид	Циклогексанон толуол	180	

Таблица 4.37. Основные технические характеристики лаков для пропитки обмоток электрических машин

Наименование показателей		Единица измерения	МЛ-92	ПЭ-9180	ПЭ-9153	ПЭ-9153М	ПЭ-993	УР-9144	ИД-9152
Массовая доля нелетучих веществ		%	50–55 (2г/1ч/ 120 °С)	50–55 (2г/3ч/ 130 °С)	55–60 (2г/1ч/ 150 °С)	55–60 (2г/1ч/ 150 °С)	48–52 (2г/2ч/ 130 °С)	48–52 (2г/2ч/ 130 °С)	43–47 (2г/1ч/ 180 °С)
Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм) при 20 ±0,5 °С		с	25–50	30–60	30–50	40–90	40–110	30–90	40–80
Время высыхания лаковой пленки до степени 3 при °С, не более	105–110	мин	60	–	–	–	–	–	–
	130		–	–	30	40	30	30	30
	160		–	30	–	–	–	–	–
Время просыхания в толстом слое, не более	120	час	16	–	10	–	–	–	–
	130		–	–	–	6	5	5	–
	155		–	16	–	–	–	–	–
Время просыхания в закрытом объеме при 150 °С, не более		час	–	–	–	–	–	–	8
Электрическая прочность, при °С, не менее	15–35	кВ/мм	65	80	70	80	80	80	80
	130		40	–	60	60	60	60	–
	155		–	40	–	45	40	40	–
	180		–	–	–	–	–	–	60
Цементирующая способность при °С, не менее	15–35	Н	–	300	–	–	330	330	330
	155		–	100	–	–	–	–	–
	180		–	–	–	–	–	–	50

4.4.3. Электроизоляционные эмали

Эмали электроизоляционные предназначены для покрытия и отделки обмоток электрических машин и аппаратов с длительной рабочей температурой до 130 °С. Эмаль электроизоляционная марок: ГФ-92ХК, ГФ-921К, ГФ-92ХС, ГФ-92ГС — (ТУ 16-95 И05.0211.008 ТУ).

Примечание: (К) — красно-коричневая, (С) — серая, (Х) — холодного отверждения, (Г) — горячего отверждения.

Таблица 4.38. Основные технические характеристики электроизоляционных эмалей

Наименование показателя		Единица измерения	ГФ-92ХК	ГФ-92ГК	ГФ-92ХС	ГФ-92ГС
Условная вязкость по ВЗ-246 при температуре 20 ±0,5 °С		с	20–60	20–60	20–60	20–60
Массовая доля нелетучих веществ		%	49–57	49–57	49–57	49–57
Укрывистость высушенной пленки, не более		г/м^2	80	80	125	125
Время высыхания пленки	до степени 3 при температуре, 20 ±2 °С не более	час	24	–	24	–
	до степени 4 при температуре, 20 ±2 °С не более		120	–	120	–
	до степени 4 при температуре, 105 ±10 °С не более		–	3	–	3
Степень перетира, не более		мкм	25	25	20	20
Твердость покрытия по маятниковому прибору М-3, не менее		усл. ед.	0,45	0,45	0,45	0,45
Термоэластичность пленки при температуре 150 ±2 °С, не менее		час	5	5	10	10

4.4.4. Компаунды для пропитки и заливки

Таблица 4.39. Характеристика компаундов

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав	Температурный индекс, °С	Назначение
КП-34	ТУ16-504.014-77	Смесь полимеризаионных олигомеров	155	Для пропитки обмоток электрических машин, в т. ч. для капельной и струйной пропиток. Поставка в комплекте: инициатор – паста перекиси бензоила, 3 % к массе компаунда; ускоритель ЖК-1 или ЖКСМ, 2 % к массе компаунда
КП-103	ТУ16-504.011-76	Термореактивный эпоксиднометакриловый состав	155	Для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов влагостойкого исполнения. Поставка в комплекте: инициатор – паста перекиси бензоила, 3 % к массе компаунда; ускоритель ЖК-1 или ЖКСМ, 2 % к массе компаунда
ЭКС	–	Композиция эпоксидодиановых смол и наполнителей	–	Для пропитки и заливки высоковольтных элементов электро- и радиоаппаратуры. Диапазон рабочих температур (60–100 °С). Поставляется в комплекте с отвердителем

Таблица 4.40. Основные технические характеристики компаундов

Наименование показателей		Единица измерения	КП-34	КП-103	ЭКС
Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм) при 20 ±0,5 °С		с	50–110	–	–
Вязкость по вискозиметру ВЗ-1 (диаметр сопла 5,4 мм) при 20 ±0,5 °С		с	–	50–105	–
Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 6 мм) при 50 ±2 °С не более		мин	–	–	3,5
Время просыхания в толстом слое, не более, при °С	125 ±2	мин	30	–	–
	155 ±2			15	–
Время высыхания в тонком слое до степени 3, не более, при °С	125 ±2	мин	30	–	–
	155 ±2		час	–	15
Цементирующая способность, не менее, при °С	20 ±0,5	Н	294	294	–
	155		245	–	–
Электрическая прочность, не менее при 20 ±0,5 °С		кВ/мм	22	18,5	25
Диэлектрическая проницаемость на частоте 10^6 Гц, не более при 20 ±0,5 °С		–	–	–	4
Воспламеняемость (время горения), не более		с	–	–	5

4.4.5. Составы без растворителей для пропитки обмоток электрических машин

Таблица 4.41. Характеристика пропиточных составов

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав		Температурный индекс, °С	Назначение
		Химическая основа	Разбавитель		
БИД-9127	ТУ16-504.038-77	Ненасыщенный олигоэфиримид	Стирол	155	Для струйной пропитки обмоток электрических машин и в качестве связующего для профильных стеклопластиков. Поставка в комплекте: отвердитель – третбутилпербензоат, 1 % к массе лака
БИД-9001	ТУ16-90И79.0266.001ТУ	Ненасыщенный олигоэфиризоциануратимид	Диаллилфталат	200	Для пропитки обмоток электрических машин методом погружения или вакуумнагнетательным. Отвердитель – 50-процентный раствор перекиси дикумила в дибутилфталате, 2 % к массе лака

Марка	ГОСТ, ТУ	Состав		Температурный индекс, °С	Назначение
		Химическая основа	Разбавитель		
БИД-9003	ТУ16-90И79.0266.001ТУ	Ненасыщенный олигоэфиримид	Диаллилфталат	180	Для пропитки обмоток электр. машин методом погружения или вакуумнагнетательным. Отвердитель: 50-процентный раствор перекиси дикумила в дибутилфталате – 2 % к массе лака
БИД-9002 А	ТУ16-92И79.0266. 002ТУ	Ненасыщенный олигоэфиримид	Олигоэфиракрилат	155	Для пропитки обмоток электрических машин методом погружения. Отвердитель – 2 % к массе лака
БИД-9002Б					Для пропитки капельным методом. Отвердитель – 2 % к массе лака

Таблица 4.42. Осноеные технические характеристики пропиточных составое

Наименование показателей		Единица измерения	БИД			БИД-9002	
		с	9001	9003	9127	А	Б
Вязкость по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм) при (2010,5)° С		с	Не более 60 (при 70 °С)	Не более 60 (при 70 °С)	30–120	60–180	60–190
Продолжительность желатинизации, не более, при °С	120	мин	–	–	4		
	130		–	–		10	5
	150		30	20			
Цементирующая способность, не менее, при °С	15–35	Н	280	250	250	250	250
	155		–	–	–	100	100
	180		100	120	–	–	–
Электрическая прочность, не менее, при (15–35) °С		кВ/мм	25	25	25	20	20

5. Пересчет обмоточных данных при ремонте и перемотке асинхронных электродвигателей

5.1. Пересчет обмотки на другое напряжение

При пересчете обмоток на другое напряжение число эффективных проводников в пазу изменяется прямо пропорционально напряжению. Так, например, при увеличении напряжения в два раза число эффективных проводников увеличивается тоже в два раза, а при уменьшении напряжения в два раза — уменьшается в два раза. При пересчете используются фазные значения напряжений.

В случае изменения при перемотке числа параллельных ветвей обмотки полученное число эффективных проводников умножают на отношение нового числа параллельных ветвей к старому числу параллельных ветвей. Так, например, если старая обмотка имела три параллельные ветви, а новая будет выполнена с двумя, то множитель будет равен $^2/_3$, если старая имела две ветви, а новая выполняется с тремя, то множитель $^3/_2$.

При всех пересчетах надо помнить, что число эффективных проводников в пазу возрастает как при увеличении фазного напряжения, так и при увеличении числа параллельных ветвей и уменьшается при уменьшении напряжения и числа ветвей.

Пересчет при стандартных фазных напряжениях 127, 220, 289, 380, 500 и 660 В удобно производить по номограмме (рис. 5.1). Число проводников в соответствии с рис. 5.1 определяется следующим образом. На горизонтальной линии, против которой обозначено старое напряжение, находим старое число проводников и от найденной точки проводим вертикальную линию до пересечения с горизонтальной, против которой обозначено новое напряжение. Точка пересече-

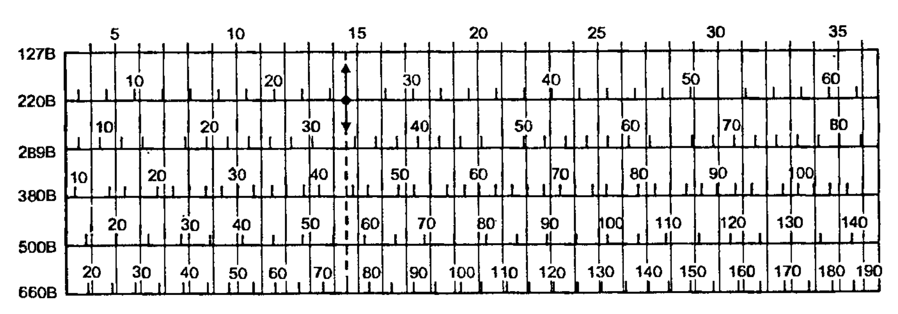


Рис. 5.1. Определение числа эффективных проводников в пазу при перемотке на другое напряжение

ния дает новое число проводников. Например, при фазном напряжении 220 В число проводников в пазу равно 25.

В качестве примера определим, сколько должно быть проводников при фазных напряжениях 127, 289, 380, 500 и 660 В.

На горизонтали 220 В находим точку 25, проводим от нее вверх и вниз вертикальную линию и находим число проводников в пазу при других напряжениях: 14,5 — при 127 В; 33 — при 289 В; 43 — при 380 В; 57 — при 500 В; и 75 — при 660 В.

Когда число проводников в пазу большое (не менее 20), полученный при пересчете результат можно округлить до целого числа, так как при этом погрешность будет невелика (не превысит 2,5 %). При меньшем числе дробный результат можно превратить в целое число путем увеличения числа параллельных ветвей. В двухслойной обмотке при нечетном числе проводников в пазу необходимо изготовить разновитковые катушки. В однослойной обмотке число проводников может быть и дробным (с 1/2), при этом также будут необходимы разновитковые катушки.

Число эффективных проводников в пазу статора изменяется прямо пропорционально напряжению, а сечение провода — обратно пропорционально.

Новый диаметр провода по меди при сохранении числа параллельных ветвей и числа параллельных проводников находят как произведение старого диаметра на корень квадратный из отношения старого напряжения к новому. С целью удобства пересчета диаметра провода на рис. 5.2 приведена номограмма, построенная по тому же принципу, что и на рис. 5.1.

При изменении числа параллельных ветвей или числа параллельных проводников, или того и другого вместе — полученный по рис. 5.2 диаметр умножают на коэффициент, равный корню квадратному из отношения произведений старых чисел к новым. Значения коэффициента приведены в табл. 5.1. Например, по рис. 5.2 найден диаметр провода по меди 2,16 мм.

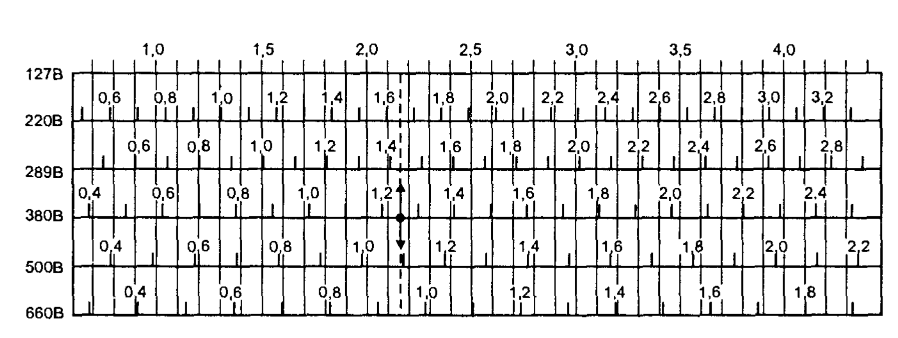


Рис. 5.2. Определение диаметра провода при перемотке на другое напряжение

В старой обмотке было две параллельные ветви и два параллельных проводника, для новой обмотки выбрано пять параллельных ветвей и два параллельных проводника. Находим произведения: для старой обмотки 2×2 = 4 и для новой 5×2 = 10. На пересечении графы 4 и стоки 10 находим коэффициент 0,63. Новый диаметр будет равен 2,16×0,63 = 1,36 мм.

Таблица 5.1. Коэффициент для нахождения провода при изменении числа параллельных ветвей и числа параллельных проводников

Произведение нового числа параллельных ветвей на новое число параллельных проводников	Коэффициент при произведении старого числа параллельных ветвей на старое число параллельных проводников													
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	18	20
1	1	1,41	1,73	2,0	2,24	2,45	2,83	3,00	–	–	–	–	–	–
2	0,71	1	1,22	1,41	1,58	1,73	2,00	2,12	2,24	2,452,00	2,74	2,83	3,00	–
3	0,58	0,82	1	1,16	1,29	1,41	1,64	1,73	1,83	1,73	2,24	2,31	2,45	2,58
4	0,50	0,71	0,87	1	1,12	1,23	1,41	1,5	1,58	1,55	1,94	2,00	2,12	2,24
5	0,45	0,63	0,78	0,90	1	1,1	1,27	1,34	1,41	1,41	1,73	1,79	1,90	2,00
6	0,41	0,58	0,71	0,82	0,91	1	1,16	1,22	1,29	1,22	1,58	1,63	1,73	1,83
8	–	0,50	0,61	0,71	0,79	0,87	1	1,06	1,12	1,16	1,37	1,41	1,50	1,58
9	–	0,47	0,58	0,67	0,75	0,82	0,94	1	1,05	1,1	1,29	1,33	1,41	1,49
10	–	–	0,55	0,63	0,71	0,78	0,90	0,95	1	1,05	1,22	1,27	1,34	1,41
12	–	–	0,50	0,58	0,65	0,71	0,82	0,87	0,91	1	1,12	1,16	1,22	1,29
15	–	–	–	0,52	0,58	0,65	0,73	0,78	0,82	0,90	1	1,12	1,1	1,16
16	–	–	–	0,50	0,56	0,61	0,71	0,75	0,79	0,87	0,97	1	1,06	1,12
18	–	–	–	–	0,53	0,58	0,67	0,71	0,75	0,82	0,91	0,94	1	1,05
20	–	–	–	–	0,50	0,55	0,63	0,67	0,71	0,78	0,87	0,90	0,95	1

При изменении числа проводников и диаметра провода необходимо проверить размещение в пазу новой обмотки. Для этого должно быть соблюдено условие

$$\frac{n_{нов} D_{нов}^2}{n_{ст} D_{ст}^2} \leq 1,$$

где: $n_{нов} = N_{нов} n_{эл.нов}$ — полное число проводников в пазу после перемотки; $n_{ст} = N_{ст} n_{эл.нов}$ — полное число проводников в пазу до переметки; $N_{нов}$ и $N_{ст}$ — соответствующее число эффективных проводников после перемотки и до перемотки; $n_{эл.нов}$ и $n_{эл.ст}$ — число элементарных проводников после перемотки и до перемотки; $D_{нов}$ и $D_{ст}$ — диаметр провода по изоляции после перемотки и до перемотки, мм.

Во многих случаях небольшое увеличение коэффициента заполнения можно допустить. При большом увеличении коэффициента заполнения (более 4...5 %) надо произвести пробную укладку одной катушки и при тугом заполнении принять необходимые меры: уменьшить толщину пазовой изоляции, толщину клина, подобрать провод с меньшей толщиной изоляции. В крайнем случае приходится уменьшать диаметр провода по меди. Но при этом мощность электродвигателя после перемотки снижается

$$P_{нов} = P_{ст} \frac{d'_{нов}}{d_{нов}},$$

где: $P_{ст}$ — мощность до перемотки, кВт; $d_{нов}$ — диаметр провода по меди, определенный при пересчете (до округления), мм; $d'_{нов}$ — диаметр провода по меди, уменьшенный после проверки заполнения паза, мм.

Емкость конденсатора однофазного двигателя при пересчете напряжения определяется по формуле:

$$C_{нов} = C_{cm}\left(\frac{U_{cm}}{U_{нов}}\right)^2,$$

где: C_{cm} — емкость конденсатора до перемотки; $C_{нов}$ — после перемотки, мкФ.

5.2. Изменение напряжения питания электродвигателя

Почти каждый электродвигатель путем изменения схемы соединения фазных обмоток (звездой или треугольником) или изменением числа параллельно включенных ветвей можно подключить на другое напряжение. В табл. 5.2 и 5.3 приведено напряжение питания для стандартных электродвигателей при возможных комбинациях соединения обмоток.

Таблица 5.2. Комбинации соединения обмоток электродвигателей с напряжением питания 220/380 В

Число пар полюсов, 2P	Соединение обмоток	Напряжение питания электродвигателя при числе параллельных ветвей, В								
		1	2	3	4	5	6	8	10	12
2P = 2	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ		110							
	2Y		190							
2P = 4	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ		110							
	2Y		190							
	4Δ*				55					
	4Y*				95					
2P = 6	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ*		110							
	2Y*		190							
	3Δ			73						
	3Y			127						
	6Δ*						37			
	6Y*						63			

2P = 8	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ		110							
	2Y		190							
	4Δ				55					
	4Y				95					
	8Δ*							28		
	8Y*							48		
2P = 10	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ*		110							
	2Y*		190							
	5Δ					44				
	5Y					76				
	10Δ*								22	
	10Y*								38	
2P = 12	Δ	220								
	Y	380								
	2Δ		110							
	2Y		190							
	3Δ			73						
	3Y			127						
	4Δ*				55					
	4Y*				95					
	6Δ						37			
	6Y						63			
	12Δ*									18
	12Y*									32

Примечание. Звездочкой отмечены двухслойные схемы обмоток.

Таблица 5.3. Комбинации соединения обмоток электродвигателей с напряжением питания 380/660 В

Число пар полюсов, 2P	Соединение обмоток	Напряжение питания электродвигателя при числе параллельных ветвей, В								
		1	2	3	4	5	6	8	10	12
2P = 2	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ		190							
	2Y		330							
2P = 4	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ		190							
	2Y		330							
	4Δ*				95					
	4Y*				115					
2P = 6	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ*		190							
	2Y*		330							
	3Δ			127						
	3Y			220						
	6Δ*						63			
	6Y*						110			
2P = 8	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ		190							
	2Y		330							
	4Δ				95					
	4Y				165					
	8Δ*							48		
	8Y*							83		
2P = 10	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ*		190							
	2Y*		330							
	5Δ					76				
	5Y					132				
	10Δ*								38	
	10Y*								66	

2P = 12	Δ	380								
	Y	660								
	2Δ		190							
	2Y		330							
	3Δ			127						
	3Y			220						
	4Δ*				95					
	4Y*				165					
	6Δ						63			
	6Y						110			
	12Δ*									32
	12Y*									55

Примечание. Звездочкой отмечены двухслойные схемы обмоток.

5.3. Пересчет трехфазной обмотки на однофазную

Рабочая обмотка в однофазном асинхронном двигателе обычно занимает $^2/_3$ пазов сердечника статора. Число проводников в пазу статора

$$N_p = (0{,}5 - 0{,}7)N\frac{U_c}{U},$$

где: N — число проводников в пазу трехфазного двигателя; U — номинальное напряжение фазы трехфазного двигателя, В; U_c — номинальное напряжение однофазной сети, В.

Меньшие значения числового коэффициента в скобках соответствуют двигателям большей мощности (около 1 кВт) с кратковременным или повторно-кратковременным режимом работы.

Сечение и диаметр провода без изоляции для рабочей однофазной обмотки предварительно можно определить по формулам:

$$S_p = S\frac{N}{N_p}\ \text{мм}^2;$$

$$d_p = d\sqrt{\frac{N}{N_p}}\ \text{мм};$$

где: S и d, соответственно, сечение и диаметр провода без изоляции трехфазного двигателя.

Пусковая обмотка укладывается в $^1/_3$ пазов статора и обычно выполняется с повышенным сопротивлением или с бифилярными катушками. Пусковые обмотки с дополнительным внешним сопротивлением в настоящее время применяются значительно реже.

В пусковой обмотке с дополнительным внешним сопротивлением число проводников в пазу

$$N_n = (0{,}7 - 1)N_p;$$

сечение провода

$$S_n = (1{,}4 - 1)S_p \text{ мм}^2.$$

Дополнительное сопротивление определяется по формуле

$$R_n = (1{,}6 - 8)\cdot 10^{-3}\frac{U_c}{S_n}, \text{ Ом}$$

и окончательно уточняется при испытании двигателя.

В пусковой обмотке с бифилярными катушками число проводников в пазу для основной секции

$$N'_n = (1{,}3 - 1{,}6)N_p;$$

число проводников для бифилярной секции

$$N''_n = (0{,}45 - 0{,}25)N'_n;$$

общее число проводников в пазу

$$N_n = N'_n + N''_n;$$

сечение провода предварительно определяется как

$$S'_n = S''_n \approx 0{,}5S_p.$$

С точки зрения получения наилучших пусковых свойств применение обмотки с дополнительным внешним сопротивлением предпочтительнее, т. к. здесь имеется возможность увеличения величины пускового момента без перемотки обмотки.

Ток в рабочей обмотке однофазного двигателя (при числе параллельных ветвей (a = 1)

$$I = j_p S_p, \text{ А},$$

где: j_p — плотность тока в рабочей обмотке, А/мм^2, выбирается в пределах от 6 до 10 А/мм^2 (большее значение для двухполюсных микродвигателей меньшей мощности).

Полная мощность двигателя

$$P' = U_c I, \text{ В·А}.$$

Мощность на валу двигателя

$$P \approx P'\eta\cos\varphi, \text{ Вт},$$

где: произведение $\eta \cos \varphi$ — энергетический КПД (табл. 5.4).

Во время пуска однофазный электродвигатель, переделанный из трехфазного, иногда застревает на низкой частоте вращения. Такое явление часто наблюдается у двухполюсных электродвигателей. Условия пуска улучшаются при увеличении воздушного зазора и применении двухслойных обмоток с укорочением шага на $^1/_3$ полюсного деления.

Таблица 5.4. Энергетический КПД однофазных асинхронных двигателей с пусковым элементом

P'	ηcosφ при числе полюсов	
	2p = 2	2p = 4
100	0,30	0,15
150	0,32	0,19
200	0,34	0,22
400	0,43	0,31
600	0,49	0,38
800	0,52	0,43
1000	0,54	0,46

При перемотке трехфазных микродвигателей единой серии А, АО 0—3 габаритов можно использовать обмоточные данные однофазных микродвигателей АОЛБ, АОЛГ, так как сердечники статоров унифицированы.

В однофазных электродвигателях пусковой момент может значительно снизиться из-за падения напряжения в подводящих проводах при большой величине пускового тока, на который однофазные сети обычно не рассчитаны. В этом случае необходимо увеличить сечение подводящих проводов от источника питания.

5.4. Подбор диаметра провода и числа параллельных проводников

Диаметр заменяющего провода и число параллельных проводников подбирают по табл. 5.5. В ней использованы обозначения:

d — диаметр провода без изоляции, мм;

D — максимальный наружный диаметр провода в изоляции, мм;

$n_{эл}$ — число параллельных (элементарных) проводников;

$S_{эф}$ — сечение эффективного проводника, мм^2;

$v = n_{эл} D^2$ — условная площадь, занимаемая изолированными проводниками, мм^2.

Таблица 5.5. Данные для подбора числа параллельных проводников при изменении диаметра провода

d	$S_{эф}$ при числе параллельных проводников						$v = n_{эл} D^2$ при числе параллельных проводников					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0,5	0,196	0,393	0,589	0,79	0,98	1,18	0,325	0,65	0,97	1,30	1,62	1,95
0,51	0,204	0,408	0,613	0,82	1,02	1,23	0,336	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02
0,53	0,221	0,441	0,662	0,88	1,10	1,32	0,360	0,72	1,08	1,44	1,80	2,16
0,55	0,238	0,475	0,713	0,95	1,19	1,42	0,384	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31
0,56	0,246	0,493	0,739	0,99	1,23	1,48	0,397	0,79	1,19	1,59	1,98	2,38
0,57	0,255	0,510	0,766	1,02	1,28	1,53	0,410	0,82	1,23	1,64	2,05	2,46

d	$S_{эф}$ при числе параллельных проводников						$v = n_{эл} D^2$ при числе параллельных проводников					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0,59	0,273	0,547	0,820	1,09	1,37	1,64	0,436	0,87	1,31	1,74	2,18	2,61
0,60	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	0,449	0,90	1,35	1,80	2,24	2,69
0,62	0,302	0,604	0,906	1,21	1,51	1,81	0,476	0,95	1,43	1,90	2,38	2,86
0,63	0,312	0,623	0,935	1,25	1,56	1,87	0,490	0,98	1,47	1,96	2,45	2,94
0,64	0,322	0,643	0,965	1,29	1,61	1,93	0,518	1,04	1,56	2,07	2,59	3,11
0,67	0,353	0,705	1,058	1,41	1,76	2,12	0,563	1,13	1,69	2,25	2,81	3,38
0,69	0,374	0,748	1,122	1,50	1,87	2,24	0,593	1,19	1,78	2,37	2,96	3,56
0,71	0,396	0,792	1,188	1,58	1,98	2,38	0,624	1,25	1,87	2,50	3,12	3,74
0,72	0,407	0,814	1,221	1,63	2,04	2,44	0,640	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84
0,74	0,430	0,860	1,290	1,72	2,15	2,58	0,689	1,38	2,07	2,76	3,44	4,13
0,75	0,442	0,884	1,325	1,77	2,21	2,65	0,705	1,41	2,12	2,82	3,53	4,23
0,77	0,446	0,931	1,400	1,86	2,33	2,79	0,740	1,48	2,22	2,96	3,70	4,44
0,80	0,503	1,005	1,510	2,01	2,51	3,02	0,792	1,58	2,38	3,17	3,96	4,75
0,83	0,541	1,082	1,623	2,16	2,71	3,25	0,846	1,59	2,54	3,39	4,23	5,08
0,85	0,567	1,135	1,702	2,27	2,84	3,40	0,884	1,77	2,65	3,53	4,42	5,30
0,86	0,581	1,162	1,743	2,32	2,90	3,49	0,903	1,81	2,71	3,61	4,51	5,42
0,90	0,636	1,272	1,910	2,54	3,18	3,82	0,980	1,96	2,98	3,92	4,90	5,88
0,93	0,679	1,359	2,038	2,72	3,40	4,08	1,040	2,08	3,12	4,16	5,20	6,24
0,95	0,709	1,418	2,126	2,84	3,54	4,25	1,082	2,16	3,24	4,33	5,41	6,49
0,96	0,724	1,448	2,171	2,90	3,62	4,34	1,103	2,21	3,31	4,41	5,51	6,62
1,00	0,785	1,571	2,356	3,14	3,93	4,71	1,210	2,42	3,63	4,84	6,05	7,26
1,04	0,849	1,699	2,548	3,40	4,25	5,10	1,323	2,65	3,97	5,29	6,61	7,94
1,06	0,882	1,765	2,647	3,53	4,41	5,29	1,346	2,69	4,04	5,38	6,73	8,07
1,08	0,916	1,832	2,748	3,66	4,58	5,50	1,392	2,78	4,18	5,57	6,96	8,35
1,12	0,985	1,970	2,956	3,94	4,93	5,91	1,488	2,98	4,47	5,95	7,44	8,93
1,16	1,057	2,114	3,170	4,23	5,28	6,34	1,613	3,23	4,84	6,45	8,06	9,68
1,18	1,094	2,187	3,28	4,37	5,47	6,56	1,638	3,28	4,92	6,55	8,19	9,83
1,20	1,131	2,262	3,39	4,52	5,65	6,79	1,716	3,43	5,15	6,86	8,56	10,30
1,25	1,227	2,454	3,68	4,91	6,14	7,36	1,823	3,65	5,47	7,29	9,11	10,94
1,30	1,327	2,655	3,98	5,31	6,64	7,96	1,988	3,98	5,96	7,95	9,94	11,93
1,32	1,368	2,737	4,11	5,47	6,84	8,21	2,016	4,03	6,05	8,07	10,08	12,10
1,35	1,431	2,863	4,29	5,73	7,16	8,59	2,132	4,26	6,39	8,53	10,66	12,79
1,40	1,539	3,079	4,62	6,16	7,70	9,24	2,280	4,56	6,84	9,12	11,40	13,68
1,45	1,651	3,303	4,95	6,61	8,26	9,91	2,434	4,87	7,30	9,73	12,17	14,60
1,50	1,767	3,534	5,30	7,07	8,82	10,60	2,592	5,18	7,78	10,37	12,96	15,55
1,56	1,911	3,823	5,73	7,65	9,56	11,47	2,789	5,58	8,37	11,16	13,94	16,73

d	$S_{эф}$ при числе параллельных проводников						$\nu = n_{эл} D^2$ при числе параллельных проводников					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1,60	2,011	4,021	6,03	8,04	10,05	12,06	2,924	5,85	8,77	11,70	14,62	17,54
1,62	2,061	4,122	6,18	8,24	10,31	12,37	2,994	5,99	8,98	11,97	14,96	17,96
1,68	2,217	4,433	6,65	8,87	11,08	13,30	3,204	6,41	9,61	12,82	16,02	19,22
1,70	2,270	4,450	6,81	9,08	11,35	13,62	3,276	6,55	9,83	13,10	16,38	19,66
1,74	2,378	4,756	7,13	9,51	11,89	14,27	3,423	6,85	10,27	13,69	17,11	20,54
1,80	2,545	5,089	7,63	10,18	12,72	15,27	3,686	7,37	11,06	14,75	18,43	22,12
1,81	2,573	5,146	7,72	10,29	12,87	15,44	3,725	7,45	11,17	14,90	18,62	22,35
1,88	2,776	5,552	8,33	11,10	13,88	16,66	4,000	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00
1,90	2,835	5,671	8,51	11,34	14,18	17,01	4,080	8,16	12,24	16,32	20,40	24,48
1,95	2,986	5,973	8,96	11,95	14,93	17,92	4,285	8,57	12,85	17,14	21,42	25,71
2,00	3,142	6,283	9,42	12,57	15,71	18,85	4,494	8,99	13,48	17,98	22,47	26,97
2,02	3,205	6,409	9,61	12,82	16,02	19,23	4,580	9,16	13,74	18,32	22,90	27,48
2,10	3,464	6,927	10,39	13,85	17,32	20,78	4,973	9,55	14,92	19,89	24,86	29,84
2,12	3,530	7,060	10,59	14,12	17,65	21,18	5,018	10,04	15,05	20,07	25,09	30,11
2,24	3,941	7,882	11,82	15,76	19,70	23,64	5,617	11,23	16,85	22,47	28,08	33,70
2,26	4,011	8,023	12,03	16,05	20,06	24,07	5,712	11,42	17,14	22,85	28,56	34,27
2,36	4,347	8,749	13,12	17,50	21,87	26,25	6,200	12,40	18,60	24,80	31,00	37,20
2,44	4,676	9,352	14,03	18,70	23,38	28,06	6,605	13,21	19,81	26,42	33,02	39,63
2,50	4,909	9,817	14,73	19,63	24,54	29,45	6,917	13,83	20,75	27,67	34,58	41,50

Примечание. $\nu = n_{эл} D^2$ приведено для проводов марок ПЭВ-2, ПЭМ-2, ПЭТ-155, ПЭТВ-2.

5.5. Замена круглого обмоточного провода двумя проводами

Отсутствующий провод нужного диаметра можно заменить двумя проводами. Суммарное их сечение должно быть равным или несколько большим сечения заменяемого провода. Допустимо небольшое (на 2—3 %) уменьшение сечения без понижения мощности двигателя.

Для трехфазных обмоток возможность выбора диаметров заменяющих проводов может быть расширена путем изменения соединения фаз. Если фазы были соединены в треугольник, то при изменении соединения на звезду ток в фазе обмотки увеличится в 1,73 раза, во столько же раз надо увеличить и сечение провода. Число эффективных проводников в пазу в этом случае должно быть уменьшено также в 1,73 раза, так как при изменении соединения фаз на звезду соответственно уменьшится и напряжение фазы обмотки.

При изменении соединения фаз со звезды на треугольник ток и сечение провода уменьшаются в 1,73 раза, число эффективных проводников в пазу должно быть увеличено в 1,73 раза.

Изменение соединения фаз в двигателях, рассчитанных на два номинальных напряжения, можно осуществлять, если заранее известно, при каком напряжении будет эксплуатироваться отремонтированный двигатель.

Увеличение суммарного сечения проводов допустимо с точки зрения сохранения мощности, но ограничивается возможностью размещения обмотки в пазах. Следует заметить, что при переходе на звезду при низшем напряжении возможность выбора провода с увеличением сечения возрастает, так как уменьшается число проводников в пазу.

Для удобства подбора диаметров заменяющих проводов приведена табл. 5.6. В ней использованы обозначения:

d — диаметр заменяемого провода, мм;

d_1 и d_2 — диаметры заменяющих проводов при сохранении соединения фаз, мм;

d_3 и d_4 — то же при изменении соединения фаз с Δ на Y, мм;

d_5 и d_6 — то же при изменении соединения фаз со Y на Δ, мм.

Таблица 5.6. Таблица замены диаметров проводов

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
0,47	–	0,62	–
0,49	–	0,64	–
0,51	–	0,67	–
0,53	–	0,69	–
0,55	–	0,72	–
0,57	–	0,74	–
0,59	–	0,77	–
0,62	–	0,44; 0,69	0,47
0,64	–	0,44; 0,72	0,49
	–	0,47; 0,69	–
	–	0,49; 0,69	–
0,67	–	0,44; 0,77	0,51
	–	0,47; 0,74	–
	–	0,51; 0,72	–
	–	0,55; 0,69	–
0,69	–	0,90	0,53
	–	0,44; 0,80	–
	–	0,47; 0,77	–
	–	0,49; 0,77	–
	–	0,51; 0,74	–
	–	0,53; 0,74	–
	–	0,55; 0;72	–
0,69	–	0,59; 0,69	–
0,72	–	0,44; 0,83	0,55
	–	0,47; 0,83	–
	–	0,49; 0;80	–
	–	0,51; 0,80	–
	–	0,55; 0,77	–
	–	0,59; 0,74	–
	–	0,62; 0,72	–
	–	0,64; 0,69	–
0,74	–	0,96	0,57
	–	0,44; 0,86	–
	–	0,47; 0,86	–
	–	0,49; 0,83	–
	–	0,51; 0,83	–
	–	0,55; 0,80	–
	–	0,57; 0,80	–
	–	0,59; 0,77	–
	–	0,62; 0,74	–
	–	0,64; 0,74	–
	–	0,69; 0,69	–
0,77	–	1,00	0,59
	–	0,47; 0,90	–

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
0,77	–	0,53; 0,86	–
	–	0,55; 0,86	–
	–	0,57; 0,83	–
	–	0,59; 0,83	–
	–	0,62; 0,80	–
	–	0,67; 0,77	–
	–	0,69; 0;74	–
	–	0,72; 0,72	–
0,80	–	1,04	–
	–	0,44; 0,96	–
	–	0,49; 0,93	–
	–	0,51; 0,93	–
	–	0,53; 0,90	–
	–	0,55; 0,90	–
	–	0,59; 0,86	–
	–	0,62; 0,86	–
	–	0,64; 0,86	–
	–	0,67; 0,80	–
	–	0,69; 0,80	–
	–	0,72; 0,77	–
	–	0,74; 0,74	–
0,83	0,47; 0,69	1,08	–
	–	0,44; 1,00	–
	–	0,51; 0,96	–
	–	0,53; 0,96	–
	–	0,57; 0,93	–
	–	0,62; 0,90	–
	–	0,67; 0,86	–
	–	0,72; 0,83	–
	–	0,74; 0,80	–
	–	0,77; 0,77	–
0,86	0,44; 0,74	1,12	–
	0,47; 0,72	0,47; 1,04	–
	0,51; 0,69	0,51; 1,00	–
	–	0,59; 0,96	–
	–	0,64; 0,93	–
	–	0,67; 0,90	–
	–	0,69; 0,90	–

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
0,86	–	0,72; 0,86	–
	–	0,74; 0,86	–
	–	0,77; 0,83	–
	–	0,80; 0,80	–
0,90	0,47; 0,80	0,49; 1,08	0,69
	0,51; 0,77	0,55; 1,04	–
	0,53; 0,72	0,57; 1,04	–
	0,55; 0,72	0,62; 1,00	–
	0,57; 0,69	0,64; 1,00	–
	–	0,69; 0,96	–
	–	0,72; 0,93	–
	–	0,74; 0,93	–
	–	0,77; 0,90	–
	–	0,80; 0,86	–
	–	0,83; 0,83	–
0,93	0,47; 0,80	0,49; 1,12	0,72
	0,51; 0,77	0,51; 1,12	–
	0,53; 0,77	0,57; 1,08	–
	0,55; 0,74	0,59; 1,08	–
	0,57; 0,72	0,64; 1,04	–
	0,62; 0,69	0,69; 1,00	–
	–	0,72; 1,00	–
	–	0,77; 0,96	–
	–	0,80; 0,93	–
	–	0,86; 0,86	–
0,96	0,44; 0,86	1,25	0,74
	0,47; 0,83	0,49; 1,16	–
	0,49; 0,83	0,51; 1,16	–
	0,53; 0,80	0,57; 1,12	–
	0,57; 0,77	0,59; 1,12	–
	0,62; 0,74	0,64; 1,08	–
	0,64; 0,72	0,72; 1,04	–
	0,67; 0,69	0,77; 1,00	–
	–	0,83; 0,96	–
	–	0,86; 0,93	–
	–	0,90; 0,90	–
1,00	0,44; 0,90	0,53; 1,120	0,77
	0,51; 0,86	0,55; 1,20	–

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,00	0,55; 0,83	0,62; 1,16	–
	0,57; 0,83	0,64; 1,16	–
	0,59; 0,80	0,69; 1,12	–
	0,64; 0,77	0,74; 1,08	–
	0,67; 0,74	0,80; 1,04	–
	0,69; 0,72	0,86; 1,00	–
	–	0,90; 0,96	–
	–	0,93; 0,93	–
1,04	0,47; 0,93	0,55; 1,25	0,80
	0,51; 0,90	0,57; 1,25	–
	0,53; 0,90	0,64; 1,20	–
	0,57; 0,86	0,72; 1,16	–
	0,59; 0,86	0,74; 1,16	–
	0,62; 0,83	0,80; 1,12	–
	0,67; 0,80	0,83; 1,08	–
	0,69; 0,77	0,90; 1,04	–
	0,72; 0,74	0,93; 1,00	–
	0,74; 0,74	0,96; 0,96	–
1,08	0,49; 0,96	0,57; 1,30	0,83
	0,51; 0,96	0,59; 1,30	0,44; 0,69
	0,55; 0,93	0,67; 1,25	–
	0,59; 0,90	0,69; 1,25	–
	0,64; 0,86	0,74; 1,20	–
	0,69; 0,83	0,77; 1,20	–
	0,72; 0,80	0,83; 1,16	–
	0,77; 0,77	0,86; 1,12	–
	–	0,93; 1,08	–
	–	0,96; 1,04	–
	–	1,00; 1,00	–
1,12	0,49; 1,00	0,57; 1,35	0,86
	0,51; 1,00	0,59; 1,35	0,49; 0,69
	0,57; 0,96	0,67; 1,30	–
	0,59; 0,96	0,69; 1,30	–
	0,62; 0,93	0,77; 1,25	–
	0,67; 0,90	0,80; 1,25	–
	0,72; 0,86	0,86; 1,20	–
	0,74; 0,83	0,90; 1,16	–
	0,77; 0,80	0,96; 1,12	–

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,12	0,80; 0,80	1,00; 1,08	–
	–	1,04; 1,04	–
1,16	0,44; 1,08	0,59; 1,40	0,44; 0,77
	0,51; 1,04	0,62; 1,40	0,47; 0,74
	0,59; 1,00	0,69; 1,35	0,49; 0,74
	0,64; 0,96	0,72; 1,35	0,51; 0,72
	0,64; 0,93	0,80; 1,30	0,55; 0,69
	0,72; 0,90	0,86; 1,25	–
	0,74; 0,90	0,93; 1,20	–
	0,77; 0,86	0,96; 1,20	–
	0,80; 0,83	1,00; 1,16	–
	–	1,04; 1,12	–
	–	1,08; 1,08	–
1,20	0,44; 1,12	1,56	0,90
	0,51; 1,08	0,62; 1,45	0,44; 0,80
	0,53; 1,08	0,64; 1,45	0,49; 0,77
	0,59; 1,04	0,72; 1,40	0,53; 0,74
	0,67; 1,00	0,80; 1,35	0,55; 0,72
	0,72; 0,96	0,83; 1,35	0,59; 0,69
	0,77; 0,93	0,90; 1,30	–
	0,80; 0,90	0,96; 1,25	–
	0,83; 0,86	1,04; 1,20	–
	–	1,08; 1,16	–
	–	1,12; 1,12	–
1,25	0,47; 1,16	0,67; 1,50	0,47; 0,83
	0,55; 1,12	0,69; 1,50	0,51; 0,80
	0,57; 1,12	0,77; 1,45	0,55; 0,77
	0,62; 1,08	0,80; 1,45	0,59; 0,74
	0,64; 1,08	0,86; 1,40	0,62; 0,72
	0,69; 1,04	0,93; 1,35	–
	0,74; 1,00	0,96; 1,35	–
	0,80; 0,96	1,00; 1,30	–
	0,83; 0,93	1,08; 1,25	–
	0,86; 0,90	1,12; 1,20	–
	–	1,16; 1,16	–
1,30	0,49; 1,20	0,69; 1,56	0,47; 0,86
	0,51; 1,20	0,72; 1,56	0,49; 0,86
	0,57; 1,16	0,80; 1,50	0,53; 0,83

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,30	0,59; 1,16	0,83; 1,50	0,57; 0,80
	0,64; 1,12	0,90; 1,45	0,59; 0,80
	0,67; 1,12	0,93; 1,45	0,62; 0,77
	0,72; 1,08	1,00; 1,40	0,67; 0,72
	0,74; 1,08	1,04; 1,35	–
	0,77; 1,04	1,12; 1,30	–
	0,83; 1,00	1,16; 1,25;	–
	0,90; 0,93	1,20; 1,20	–
1,35	0,49; 1,25	0,72; 1,62	0,44; 0,93
	0,51; 1,25	0,74; 1,62	0,49; 0,90
	0,62; 1,20	0,83; 1,56	0,55; 0,86
	0,67; 1,16	0,86; 1,56	0,57; 0,86
	0,69; 1,16	0,93; 1,50	0,59; 0,83
	0,74; 1,12	0,96; 1,50	0,64; 0,80
	0,77; 1,12	1,00; 1,45	0,67; 0,77
	0,80; 1,08	1,04; 1,45	0,72; 0,74
	0,86; 1,04	1,08; 1,40	0,72; 0,72
	0,90; 1,00	1,12; 1,40	–
	0,96; 0,96	1,16; 1,35	–
	–	1,20; 1,30	–
	–	1,25; 1,25	–
1,40	0,49; 1,30	0,74; 1,68	0,51; 0,93
	0,51; 1,30	0,77; 1,68	0,53; 0,93
	0,62; 1,25	0,86; 1,62	0,57; 0,90
	0,64; 1,25	0,90; 1,62	0,62; 0,86
	0,72; 1,20	0,96; 1,56	0,67; 0,83
	0,74; 1,20	1,00; 1,56	0,69; 0,80
	0,77; 1,16	1,08; 1,50	0,74; 0,77
	0,80; 1,16	1,12; 1,45	–
	0,83; 1,12	1,16; 1,45	–
	0,90; 1,08	1,20; 1,40	–
	0,93; 1,04	1,25; 1,35	–
	–	1,30; 1,30	–
1,45	0,53; 1,35	0,77; 1,74	0,47; 1,00
	0,55; 1,35	0,80; 1,74	0,53; 0,96
	0,62; 1,30	0,90; 1,68	0,55; 0,96
	0,64; 1,30	0,93; 1,68	0,59; 0,93
	0,72; 1,25	1,00; 1,62	0,64; 0,90

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,45	0,74; 1,25	1,08; 1,56	0,69; 0,86
	0,80; 1,20	1,12; 1,56	0,72;0,83
	0,83; 1,20	1,16; 1,50	–
	0,86; 1,16	1,20; 1,50	–
	0,93; 1,12	1,25; 1,45	–
	0,96; 1,08	1,30; 1,40	–
	1,00; 1,04	1,35; 1,35	–
1,50	0,53; 1,40	1,95	0,47; 1,04
	0,55; 1,40	0,80; 1,81	0,53; 1,00
	0,64; 1,35	0,83; 1,81	0,55; 1,00
	0,67; 1,35	0,90; 1,74	0,62; 0,96
	0,74; 1,30	0,93; 1,74	0,67; 0,93
	0,77; 1,30	0,96; 1,74	0,69; 0,90
	0,83; 1,25	1,04; 1,68	0,74; 0,86
	0,90; 1,20	1,12; 1,62	0,77; 0,83
	0,96; 1,16	1,20; 1,56	0,80; 0,80
	1,00; 1,12	1,30; 1,50	–
	1,04; 1,08	1,35; 1,45	–
	–	1,40; 1,40	–
1,56	0,67; 1,40	2,02	0,47; 1,08
	0,69; 1,40	0,80; 1,88	0,49; 1,08
	0,77; 1,35	0,83; 1,88	0,55; 1,04
	0,80; 1,35	0,93; 1,81	0,59; 1,04
	0,86; 1,30	0,96; 1,81	0,62; 1,00
	0,93; 1,25	1,08; 1,74	0,64; 1,00
	1,00; 1,20	1,16; 1,68	0,69; 0,96
	1,04; 1,16	1,20; 1,68	0,74; 0,93
	1,08; 1,12	1,25; 1,62	0,77; 0,90
	–	1,35; 1,56	0,83; 0,83
	–	1,40; 1,50	–
	–	1,45; 1,45	–
1,62	0,72; 1,45	2,10	0,51; 1,12
	0,74; 1,45	0,83; 1,95	0,53; 1,12
	0,80; 1,40	0,86; 1,95	0,59; 1,08
	0,83; 1,40	1,00; 1,88	0,67; 1,04
	0,90; 1,35	1,12; 1,81	0,72; 1,00
	0,96; 1,30	1,25; 1,74	0,77; 0,96
	1,04; 1,25	1,30; 1,68	0,80; 0,93

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,62	1,08; 1,20	1,40; 1,62	–
	1,12; 1,16	1,50; 1,50	–
1,68	0,74; 1,50	0,86; 2,02	0,44; 1,20
	0,77; 1,50	0,90; 2,02	0,53; 1,16
	0,83; 1,45	1,04; 1,95	0,55; 1,16
	0,86; 1,45	1,08; 1,95	0,62; 1,12
	0,93; 1,40	1,16; 1,88	0,69; 1,08
	1,00; 1,35	1,25; 1,81	0,74; 1,04
	1,08; 1,30	1,30; 1,81	0,80; 1,00
	1,12; 1,25	1,35; 1,74	0,83; 0,96
	1,16; 1,20	1,45; 1,68	0,90; 0,90
	–	1,50; 1,62	–
	–	1,56; 1,156	–
1,74	0,77; 1,56	2,26	0,55; 1,20
	0,80; 1,56	0,90; 2,10	0,57; 1,20
	0,86; 1,50	0,93; 2,10	0,62; 1,16
	0,90; 1,50	1,08; 2,02	0,64; 1,16
	0,96; 1,45	1,20; 1,95	0,69; 1,12
	1,04; 1,40	1,30; 1,88	0,72; 1,12
	1,08; 1,35	1,40; 1,81	0,77; 1,08
	1,12; 1,35	1,50; 1,74	0,83; 1,04
	1,16; 1,30	1,62; 1,62	0,86; 1,00
	1,25; 1,20	–	0,90; 0,96
1,81	0,77; 1,62	1,25; 2,02	0,55; 1,25
	0,80; 1,62	1,30; 2,02	0,57; 1,25
	0,83; 1,62	1,35; 1,95	0,67; 1,20
	0,90; 1,56	1,40; 1,95	0,69; 1,20
	0,93; 1,56	1,45; 1,88	0,72; 1,16
	1,00; 1,50	1,56; 1,81	0,74; 1,16
	1,08; 1,45	1,62; 1,74	0,80; 1,12
	1,16; 1,40	1,68; 1,68	0,86; 1,08
	1,20; 1,35	–	0,90; 1,04
	1,25; 1,30	–	0,93; 1,00
1,88	0,83; 1,68	–	0,57; 1,30
	0,86; 1,68	–	0,59; 1,30
	0,93; 1,62	–	0,67; 1,25
	0,96; 1,62	–	0,69; 1,25

d	d_1; d_2	d_3; d_4	d_5; d_6
1,88	1,04; 1,56	–	0,77; 1,20
	1,12; 1,50	–	0,83; 1,16
	1,16; 1,50	–	0,90; 1,12
	1,20; 1,45	–	0,93; 1,08
	1,25; 1,40	–	–
	1,30; 1,35	–	–
1,95	0,86; 1,74	–	0,59; 1,35
	0,90; 1,74	–	0,62; 1,35
	0,96; 1,68	–	0,69; 1,30
	1,00; 1,68	–	0,72; 1,30
	1,08; 1,62	–	0,80; 1,25
	1,16; 1,56	–	0,86; 1,20
	1,20; 1,56	–	0,93; 1,16
	1,25; 1,50	–	0,96; 1,12
	1,30; 1,45	–	1,00; 1,08
	1,35; 1,40	–	1,04; 1,04
2,02	0,86; 1,81	–	0,62; 1,40
	0,90; 1,81	–	0,64; 1,40
	1,00; 1,74	–	0,72; 1,35
	1,04; 1,74	–	0,74; 1,35
	1,12; 1,68	–	0,80; 1,30
	1,20; 1,62	–	0,83; 1,30
	1,30; 1,56	–	0,90; 1,25
	1,35; 1,50	–	0,96; 1,20
	1,40; 1,45	–	1,00; 1,16
	–	–	1,04; 1,12
	–	–	1,08; 1,08
2,10	0,90; 1,88	–	0,64; 1,45
	0,93; 1,88	–	0,67; 1,45
	1,08; 1,81	–	0,77; 1,40
	1,12; 1,81	–	0,83; 1,35
	1,16; 1,74	–	0,86; 1,35
	1,20; 1,74	–	0,93; 1,30
	1,25; 1,68	–	1,00; 1,25
	1,35; 1,62	–	1,04; 1,20
	1,40; 1,56	–	1,08; 1,16
	1,45; 1,50	–	1,12; 1,12

Примечание. После выбора диаметров заменяющих проводов следует проверить заполнение паза.

6. Ремонт асинхронных электродвигателей

6.1. Технологический процесс ремонта электродвигателей

В объем ремонта асинхронных электродвигателей входит выполнение следующих основных работ: замена обмоток, исправление валов (устранение биения), смена подшипников, замена и проточка контактных колец, мелкие слесарные работы и окраска.

Схема технологического процесса ремонта асинхронных электродвигателей представлена на рис. 6.1. В приведенных технологических операциях дан полный перечень работ и порядок их выполнения, указаны необходимые материалы, инструмент и оборудование.

Таблица 6.1. Маршрутная технология ремонта асинхронных электродвигателей

Наименование операции	Оборудование	Проверяемые показатели
Внешний осмотр и предремонтная проверка электродвигателей (операция № 1)	Стенд для проверки электрических параметров; аппарат ЕЛ- 1; мегомметры на 1000 и 500 В	1. Состояние электродвигателя 2. Целостность фаз. 3. Сопротивление изоляции обмоток не менее 0,5 мОм. 4. Испытание на пробой: 500 В + двукратное номинальное напряжение. 5.Обнаружение короткозамкнутых витков
Разборка электродвигателя (операция № 2)	Стенд для разборки	–
Съем, проверка, хранение и напрессовка подшипников (операция № 3)	Пресс ручной ПЗП; съемники; щипцы или металлические крючки; латунная конусная оправка	Легкость хода подшипника проверяется в горизонтальном положении, насадив подшипник внутренним кольцом на конусную латунную оправку
Выемка обмоток (операция № 4)	Тупиковая электропечь; приспособление для выемки обмоток; токарный станок для подрезки лобовых частей	Температура нагрева 250...300 °С
Мойка деталей электродвигателя, кроме ротора и статора (операция № 5)	Ванна промывная; камера обдува	3-процентный раствор кальцинированной соды при температуре 80...90 °С; ротор и статор обдуть
Определение дефектов в деталях электродвигателя (операция № 6)	Стенд для проверки биения; плита поверочная 1000x1500 мм; омметр	Биение не более 0,05 мм

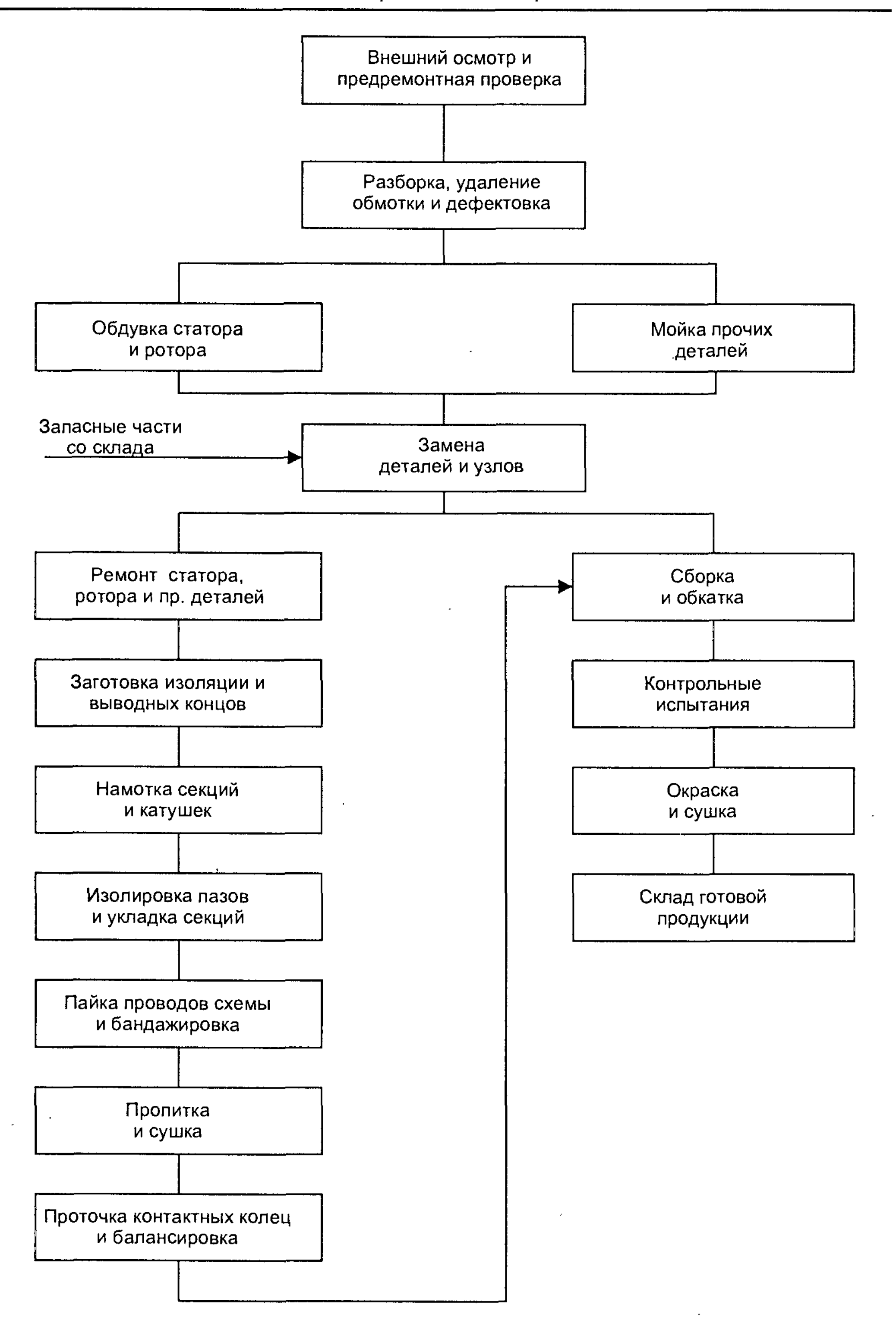


Рис. 6.1. Технологическая схема ремонта асинхронных электродвигателей

Продолжение табл. 6.1

Наименование операции	Оборудование	Основные параметры
Ремонт корпуса статора и подшипниковых щитов (операция № 7)	Термостат Ш-0,05	Температура сушки 150 °С в течение 0,5...1,0 часа
Ремонт ротора (операция № 8)	Термостат Ш-0,05; стенд для проверки биения шейки вала	Биение шеек вала не более 0,02 мм; биение свободного конца вала не более 0,05 мм
Заготовка пазовой изоляции (операция № 9)	Картонорубильный станок КН-1; приспособление для формовки пазовых коробочек	–
Изготовление выводных концов (операция № 10)	Ванна для пайки и лужения; зачистная машина	Припой ПОС-40 с температурой плавления 235 °С
Намотка секций обмоток статора (операция № 12)	Намоточный станок	–
Укладка обмоток статора и бандажировка (операция № 13)	Пресс гидравлический ПГ-1; стенд для проверки обмотки	–
Пропитка и сушка статорных обмоток (операция № 14)	Вакуумпропиточная установка; печь сушильная камерная с регулируемым обменом воздуха	1. Предварительная сушка обмоток при температуре 80...100 °С в течение 2 часов; 2. Окончательная сушка при температуре 80...100 °С в течение 2 часов при разряжении 720...740 мм рт. ст.; 3. Пропитка при температуре 60...70 °С в течение 5...10 мин. 4. Поднять давление до 3...4 атм., выдержать 3...5 мин.
Балансировка фазного ротора	Машина для динамической балансировки; вертикально-сверлильный станок	–
Сборка электродвигателя	Пресс ручной; стенд для сборки	–
Контрольные испытания электродвигателя	Пробойная установка; стенд для проверки параметров	Проверка на пробой при напряжении 500 В + двукратное номинальное напряжение
Окраска электродвигателя	Камера окрасочная; печь сушильная	Толщина слоя 0,003 мм; сушка при температуре 80 °С в течение 1,5 часа

6.2. Работы по разборке электродвигателей и определению дефектов

Технологическая операция № 1 — проведение предремонтной проверки асинхронных электродвигателей.

Оборудование, приборы, инструменты. Стенд для проверки электрических параметров; ампервольтметр; осциллограф ЕЛ-1; мегомметр на 500 и 1000 В; ручной тахометр.

Проведение испытаний

1. Осмотреть электродвигатель. Ознакомиться с дефектами и состоянием изоляции.

2. Подготовить электродвигатель для включения в сеть. Для этого надо:

- убедиться в отсутствии механических дефектов, препятствующих запуску электродвигателя (поломка вала, подшипниковых щитов, подшипников, задевание ротора за статор и т. п.);
- проверить целостность обмоток на обрыв, а также состояние выводных концов и клеммника;
- замерить мегомметром на 1000 В сопротивление изоляции обмоток;
- испытать электрическую прочность корпусной изоляции;
- проверить электрическую прочность витковой изоляции аппаратом ЕЛ-1.

3. При удовлетворительных результатах проверок и испытаний электродвигатель включить под номинальное напряжение.

4. Все величины замеров и результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний записываются в ведомость дефектов.

Технологическая операция № 2 — разборка асинхронных электродвигателей.

Оборудование, приспособления, инструменты: отвертки А150х0,5; комплект торцовых ключей; комплект рожковых ключей; съемники для съема подшипников, вентилятора и подшипниковых щитов; зубило слесарное, ширина рабочей части 10 мм; молоток слесарный типа Б № 3; молоток алюминиевый; плоскогубцы; электропаяльник 90 Вт; щуп № 2.

Подготовительные работы

1. Продуть электродвигатель от пыли сжатым воздухом в обдувочной камере.

2. Подготовить комплектовочный ящик (укрепив на нем бирку с ремонтным номером электродвигателя, подлежащего разборке). В процессе разборки в этот ящик складывать все детали и крепеж электродвигателя.

Разборка электродвигателя

1. Установить электродвигатель на верстак.

2. Отвернуть винты, крепящие кожух вентилятора, и снять его. Снять съемником вентилятор с вала.

3. Отсоединить выводные концы.

4. Снять клеммник и борно.

5. Отвернуть винты, крепящие крышки подшипников, и снять их (на старых моделях электродвигателей).

6. Отвернуть болты, крепящие подшипниковые щиты к статору.

7. Снять задний подшипниковый щит.

8. Вывести передний подшипниковый щит из проточки статора, не допуская при этом ударов ротора о статор.

9. Снять передний подшипниковый щит вместе с ротором и осторожно вывести ротор из расточки статора, не допуская задевания ротора за обмотки статора.

10. Снять щит с ротора и выпрессовать подшипники.

11. Передать ротор и статор на обдувку, а остальные детали — в мойку.

Технологическая операция № 3 — съем, проверка, хранение и напрессовка подшипников

Оборудование, приспособления, инструменты: пресс ручной ПЗП; съемники; щипцы или металлические крючки; латунная конусная оправка.

Промывка, консервация и контроль подшипников (неисправные подшипники не ремонтируются, они подлежат замене на новые).

1. Промыть подшипники в промывочной ванне (операция № 5). Окончательную промывку демонтированных подшипников производят в керосине с добавкой 3...5 % (по объему) индустриального масла или заменяющего его для предотвращения сухого трения при проверке на легкость хода.

2. Легкость хода подшипника проверяется в горизонтальном положении, насадив подшипник внутренним кольцом на конусную латунную оправку.

3. Расконсервированные новые подшипники, так же как и демонтированные, необходимо предохранить от коррозии. При осмотрах, проверках и монтаже не допускается трогать рабочие поверхности подшипника руками, так как это вызывает появление точечной коррозии.

4. При недлительном хранении промытые подшипники укладывают в железные банки и заливают минеральным маслом.

Съем и напрессовка подшипников

1. При снятии и напрессовке подшипников усилие должно передаваться только на внутреннее кольцо. При снятии это достигается подбором сменных планок (рис. 6.2).

2. При наличии защитной шайбы, которая опирается только на внутреннее кольцо подшипника, демонтаж производят, прикладывая усилие съемника к ней.

3. Монтаж подшипников производят на чистом рабочем месте, чистым исправным инструментом, с соблюдением всех мер предосторожности против по-

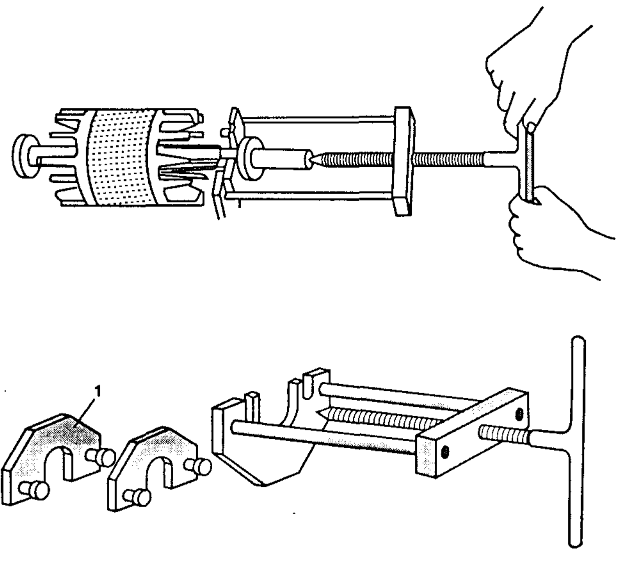


Рис. 6.2. Снятие подшипников с вала ротора

падания в подшипник грязи, металлических или абразивных частиц. Запрещается оставлять смонтированные подшипники открытыми.

4. Монтаж подшипников на шейки вала производят соответственно подобранной оправкой на специальном ручном прессе ПЗП.

5. Посадка подшипников должна обеспечивать непроворачиваемость внутреннего кольца на шейках вала и возможность осевого перемещения в гнездах подшипникового щита.

6. Перед монтажом подшипника нужно внимательно осмотреть посадочное место, состояние упорного заплечика и галтели на шейке вала и в гнездах подшипникового щита. Необходимо обратить внимание на то, чтобы на поверхностях не было забоин, царапин и вспучивания металла, чтобы плоскость заплечика была перпендикулярна шейке, а радиус галтели соответствовал фаске кольца. В противном случае нельзя обеспечить правильную установку подшипника на шейку. Правильность установки определяется по равномерному прилеганию кольца к заплечику, проверяемому обычно по величине просвета.

7. После запрессовки не должно быть местных заеданий и притормаживаний.

Смазка подшипников

1. Работоспособность подшипников зависит от первоначально произведенной при сборке смазки, так как конструкции многих электродвигателей не предусматривают смазку их в эксплуатации.

2. Подшипники в электродвигателях смазывают консистентной смазкой, заполнив ею 1/3 объема подшипниковой камеры. Характеристики смазок применяемых для подшипников электродвигателей, приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Применяемые в электродвигателях смазки

Наименование и марка смазки	Допустимая рабочая температура, °C	Область применения и особенности смазки
Консистентная смазка ЦИАТИМ-201	От +120 до –60	Не допускается использовать смазку при температурах 100...120 °С в условиях повышенной впажности
Консистентная смазка ЦИАТИМ-202	От +120 до –60	Для смазки электродвигателей с высокими скоростями вращения ротора. По свойствам сходна со смазкой ЦИАТИМ-201
Консистентная смазка ЦИАТИМ-221	От +150 до –60	Для смазки электродвигателей с высокой рабочей температурой. Для работы в некоторых агрессивных средах.

Технологическая операция № 4 — выемка обмоток из статора и фазного ротора.

Оборудование, приспособления, инструменты: установка для выемки обмотки; тупиковая электропечь; приспособление для обрезки лобовых частей обмотки статора на токарном станке; резец специальный с оправкой; зубило слесарное, ширина рабочей части 10...15 мм; молоток типа Б-3; скребки для чистки пазов стальные; приспособление для подрезки лобовых частей фазного ротора.

Выемка обмоток

1. Установить статор (ротор) на токарный станок.

2. Обрезать лобовую часть обмотки статора (ротора) со стороны соединения катушек.

3. Разогреть изоляцию обмоток статора (ротора) в тупиковой электропечи при температуре 250...300 °С в течение 30...40 мин (при загрузке и выкатке тележки из электропечи нагреватели должны быть отключены, а местный отсос включен).

4. При остывании статора (ротора) до температуры 80...90 °С установить держатель активной стали и удалить по частям обмотку из пазов на установке для выемки обмоток.

5. Снять держатель активной стали.

6. Очистить пазы скребками от остатков старой изоляции. Направить статор (ротор) на продувку.

Технологическая операция № 5 — мойка деталей электродвигателей.

Оборудование, приспособления, инструменты: корзина загрузочная, весы, термометр.

Подготовительные работы

Приготовить 3-процентный раствор кальцинированной соды. Для этого предварительно из ванны сливают старый раствор и, промыв ванну горячей водой, ее заливают свежей водой, которую подогревают до 50...60 °С. Отвесив необходимое количество кальцинированной соды (из расчета 300 г на 10 л воды), ее растворяют в ванне с подогретой водой.

Соду загружают в ванну небольшими порциями, перемешивая при этом воду и не допуская образования брызг. Подогрев полученный раствор до 80...90 °С, открывают вентиль пневмосистемы и пускают воздух в ванну для образования бурления.

Мойка деталей электродвигателя

1. Загрузить в корзину детали электродвигателя.

2. Поместить корзину на 10...15 мин в ванну с 3-процентным раствором кальцинированной соды для промывки деталей.

3. Поднять корзину из ванны с раствором кальцинированной соды и поместить на 3...5 мин в ванну с проточной горячей водой для нейтрализации соды.

4. Обдуть детали сжатым воздухом и передать для определения дефектов.

Технологическая операция № 6 — определение дефектов в асинхронных электродвигателях.

Оборудование, приспособления, инструменты: линейки стальные, 500 мм и 150 мм; штангенциркуль 150 мм; микрометр 0...25 мм; стенд для проверки биения с индикатором часового типа; стойка индикаторная.

Определение дефектов

1. Проверить (осмотреть) состояние пакета активной стали ротора и статора. Не допускается:

- нарушение плотности шихтовки;
- распушение крайних листов;
- сдвиг отдельных листов;
- коррозия и смещение пакета на валу или в корпусе.

2. Проверить (осмотром) на отсутствие трещин, отколов и задиров корпуса и центрирующих заточек, а также проверить исправность резьбы. Обратить при этом внимание на плотность посадки подшипниковых щитов.

3. Проверить целостность клеммника, исправность резьбы, наличие гаек и шайб, целостность изолирующих деталей и наличие крышки борно.

4. Проверить подшипниковые щиты и крышки, отсутствие трещин, отколов и короблений, а также состояние и размеры посадочных поверхностей и исправность резьбы болтов и шпилек.

5. Проверить целостность и легкость хода подшипников, состояние беговых дорожек, элементов качения и колец (у исправных подшипников при покачивании наружного кольца относительно внутреннего зазор не ощущается, у изношенных подшипников наружное кольцо сдвигается в радиальном направлении).

6. Проверить состояние посадочных поверхностей вала, шпоночной канавки. В случае занижения размеров шеек вал бракуют.

7. Проверить прочность посадки вентилятора на валу, внешнее состояние лопаток, корпуса и втулки.

8. Проверить состояние контактных колец фазного ротора.

9. Проверить состояние щеточного устройства и щеток.

6.3. Ремонт деталей и узлов электродвигателя

Технологическая операция № 7 — ремонт корпусов, статоров и подшипниковых щитов.

Оборудование, приспособления, инструменты: керн; молоток А 200; метчики; шаберы; напильники; зубило; кисть; сверла; термостат Ш-0,05; струбцины.

Ремонт

Типичными повреждениями корпусов и пакетов активной стали статоров являются:

- повреждение лакокрасочного покрытия и коррозия;
- забоины и вмятины;
- отламывание и выпадение отдельных зубцов на листах стали статора при снятии обмотки;
- срыв резьбы в отверстиях для болтов, крепящих подшипниковые щиты.

1. Очистить пакеты от пыли сжатым воздухом или мягкой волосяной щеткой и снова покрыть антикоррозионным лаком, предварительно удалив со всей поверхности антикоррозионное покрытие и коррозию при механическом повреждении антикоррозионного лакового покрытия, а также при наличии коррозии на наружной поверхности корпусов или статоров, в которых пакет железа одновременно служит и корпусом, со всей поверхности удалить антикоррозионное покрытие и коррозию.

2. Выбраковать статоры, в которых коррозия проникла между пластинами.

3. При наличии на корпусе вмятин и забоин сборку электродвигателя производить без устранения этих повреждений только в тех случаях, если они не вызвали изменения размеров активной стали статора по внутреннему диаметру

или размера посадочных замков или внутреннего диаметра статора. В противном случае производят зачистку выпуклых мест или забоин шабером до соответствующего размера и покрывают антикоррозионным лаком.

4. При срыве резьбы в отверстиях корпусов под болты, крепящие щиты, производят рассверловку отверстий и нарезание резьбы большего размера, при этом в подшипниковом щите также рассверливается отверстие на больший размер.

5. Нарезать резьбу в силуминовых и алюминиевых корпусах только вторым метчиком. При нарезке тремя метчиками резьба будет слабой.

6. Отслоившиеся листы пакета склеить клеем БФ-2.

7. Очистить бензином от грязи, пыли, коррозии и следов жира склеиваемые поверхности перед нанесением клея.

8. Клей на подготовленные поверхности нанести кистью.

9. Покрывать поверхность клеем БФ-2 в два приема.

10. Подсушку после 1-го покрытия при комнатной температуре вести в течение 1 часа. После второго покрытия подсушку вести при 55...60 °С в течение 15 мин.

11. Склеиваемые листы после подсушивания плотно прижать к пакету при помощи струбцин, обеспечив давление на склеиваемые поверхности порядка 50...150 Н/см^2.

12. Сушить клеевой шов при температуре 150 °С в течение 0,5...1 часа.

13. Если в процессе разборки или удаления обмотки на последних листах отломились зубцы, то удалить эти листы из пакета.

14. При смещении пакета железа в корпусе запрессовать пакет на место.

Технологическая операция № 8 — ремонт роторов.

Оборудование, приспособления, инструменты: стенд для проверки биения; стойка индикаторная; индикатор; кисть; призмы.

Ремонт

К основным неисправностям роторов, влияющих на работу электродвигателей, относятся:

- увеличение биения выступающих концов вала;
- коррозия на пакетах и валах;
- отслоение листов пакета.

1. Рихтовку валов производят на разобранном электродвигателе.

2. Установить призмы на разметочную плиту и установить на них ротор.

3. Проверить биение концов вала индикатором, закрепленным в стойке, и отметить точку максимального отклонения стрелки индикатора. Осторожно ударяя неметаллическим молотком по концу вала, в точке, противоположной точке максимального отклонения стрелки индикатора, выравнивают вал.

4. Ликвидировать коррозию и подклеить отслоившиеся листы фазного ротора в соответствии с технологической операцией № 7.

5. Выпрессовать сердечник с вала при помощи оправки на прессе при ослаблении посадки сердечника на вал.

6. Накатать на валу на токарном станке продольно-посадочную поверхность под сердечник, обеспечив прессовую посадку.

7. Запрессовать сердечник, обеспечив свободное вращение.

6.4. Обмоточно-изоляционные работы

Технологическая операция № 9 — заготовка изоляции для асинхронных электродвигателей.

Оборудование, приспособления, инструменты: ручные рычажные ножницы; штангенциркуль 150 мм; нож; ножницы портняжные; приспособление для формовки пазовых коробочек.

Заготовка изоляции

1. Определить размеры заготовок пазовой коробочки по размерам паза электродвигателя.

2. Отрезать рычажными ножницами заготовку для одной пробной пазовой коробочки.

3. Отформовать на приспособлении пазовую коробочку.

4. Усилить выступающую часть пазовой коробочки, обеспечив размер вылета пазовой коробочки. Внешний вид пазовой коробочки с манжетой для усиления показан на рис. 6.3. Ширина манжеты должна быть 8...20 мм (в зависимости от типоразмера электродвигателя).

5. Заложить для контроля пазовую коробочку в паз и уточнить размеры заготовок. Расположение пазовой коробочки в пазу показано на рис. 6.4, а длина вылета приведена в табл. 6.3.

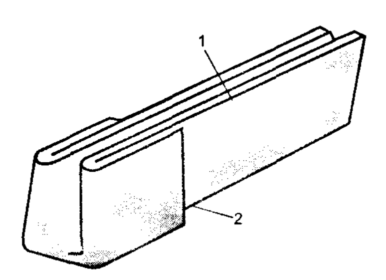


Рис. 6.3. Внешний вид пазовой коробочки с манжетой для усиления: 1 — пазовая коробочка, 2 — отогнутая манжета

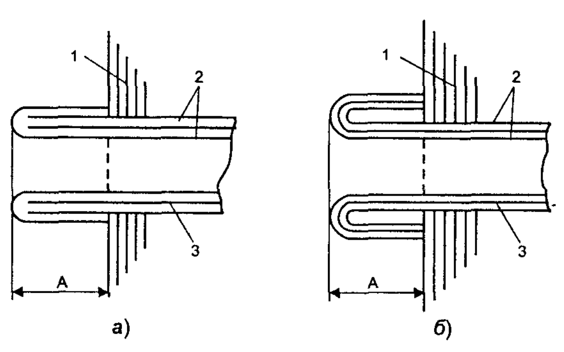


Рис. 6.4. Расположение пазовой коробочки в пазу и вылет манжеты: *а* — манжета, образованная внутренним слоем пазовой коробочки, *б* — манжета, образованная тремя слоями пазовой коробочки; 1 — пакет железа, 2 — электрокартон, 3 — внутренний слой лакоткани или миканита

Таблица 6.3. Примерная длина вылета пазовой коробочки из паза для электродвигателей разной мощности

Мощность электродвигателя	кВт	Длина вылета пазовой коробочки, мм
	При двухслойной манжете (рис. 6.4а)	При трехслойной манжете (рис. 6.4б)
До 5	10	8
От 5 до 40	15	12
От 40 до 100	20	15

6. Отрезать рычажными ножницами полосы изоляционного материала шириной, равной длине заготовки.

7. Нарезать из этих полос рычажными ножницами заготовки по развернутой ширине пазовой коробочки.

8. Отформовать заготовки и скомплектовать пазовые коробочки.

9. Определить по электродвигателю размеры междуслойных прокладок в пазу и междуфазовых прокладок в лобовой части.

10. Заготовить по одной пробной прокладке и уточнить их размеры по электродвигателю.

11. По уточненным размерам заготовить аналогично пунктам 6 и 7 комплект междуслойных прокладок в пазу и комплект междуфазовых — в лобовых частях.

12. Определить после укладки первой катушки необходимость уплотнения обмотки путем установки прокладок под клин.

Технологическая операция № 10 — изготовление выводных проводов.

Оборудование, приспособления, инструменты: круглогубцы специальные; паяльник; ванна для пайки; линейка масштабная; штангенциркуль; ножницы для резки провода; щипцы или клещи для снятия изоляции.

Изготовление выводных проводов:

1. Выбрать провод необходимого сечения.

2. Разрезать по длине на куски необходимой длины.

3. После резки зачистить концы проводов от изоляции, удалить оксидную пленку, скрутить жилы и облудить.

4. Длина зачистки провода от изоляции должна обеспечивать надежность закрепления и пайки или сварки. Обычно длина зачистки не превышает 10—20 мм. Зачищать провод от изоляции ножом не допускается во избежание подрезания токопроводящей жилы провода. Для удаления изоляции применяют специальные щипцы и приспособления (клещи), рис. 6.5.

5. Провода с волокнистой изоляцией требуют закрепления концов изоляции, которое производят электроизоляционными трубками. Одновременно с заделкой концов производят маркировку проводов.

6. Перед заделкой концов многожильных проводов жилы скрутить.

7. Специальными круглогубцами свернуть кольцо для крепления на клеммнике.

8. Зачищенные и скрученные концы выводов подвергнуть горячему лужению. Для этого концы проводов погрузить на 1—2 с в электрованну с расплав-

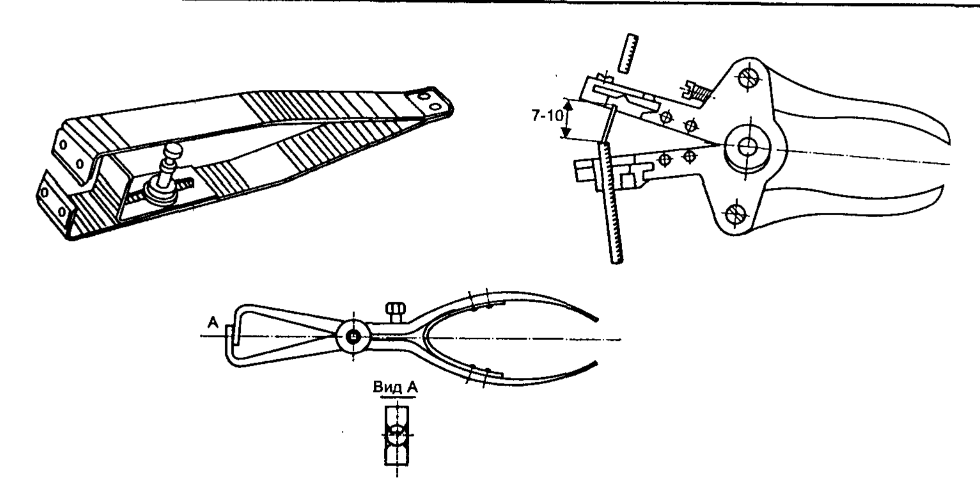


Рис. 6.5. Инструмент для удаления изоляции с выводных концов

ленным припоем ПОС-40, предварительно покрыв место лужения спиртовым раствором канифоли.

Технологическая операция № 11 — зачистка концов провода с винифлексовой изоляцией в муравьиной кислоте (данная операция является частью операций № 10 и № 13).

Оборудование, приспособления, инструменты: защитные очки; резиновые перчатки; песочные часы на 10 мин; стеклянная ванна; вытяжной шкаф.

Подготовка к травлению

1. Надеть защитные очки и перчатки.
2. Заполнить стеклянную ванну на 3/4 объема муравьиной кислотой.
3. Долить ванну защитным слоем керосина толщиной 10...15 мм.
4. Приготовить 3-процентный раствор кальцинированной соды — на 1 л воды 30 г кальцинированной соды. При попадании кислоты на стол его необходимо промыть 3-процентным раствором кальцинированной соды, а затем водой. При промывке и очистке от эмали держать провода концами вниз, чтобы не было затеков кислоты и воды.

Травление кислотой

1. Выправить концы провода и разъединить параллельные провода.
2. На одном изделии определить опытным путем высоту поднятия призмы на штативе.
3. Подвесить изделие на призму и плавно опустить концы в ванну с муравьиной кислотой.
4. Выдержать концы в ванне в течение 5...10 мин (до вспучивания пленки).
5. Плавно поднять призму с изделием.
6. Перенести протравленное изделие в промывочную ванну с проточной водой. Площадь стола вытяжного шкафа от травильной ванны до промывочной ванны рекомендуется посыпать кальцинированной содой для нейтрализации натеков муравьиной кислоты.
7. Выдержать изделие в проточной воде не менее 10...12 мин.

8. Очистить набухшую эмаль ветошью, тщательно промыть концы проводов в проточной воде и насухо протереть ветошью.

Технологическая операция № 12 — намотка секций и катушек.

Оборудование, приспособления, инструменты: приспособление для шаблонировки катушек; намоточный станок; шаблон для намотки; штангенциркуль; линейка 300 мм; ножницы портняжные; омметр.

Намотка статорных секций

1. Закрепить шаблон на станке (на рис. 6.6 показан ручной станок) для намотки катушек. Закрепить провод на первой ступеньке шаблона и намотать вручную начало катушки.

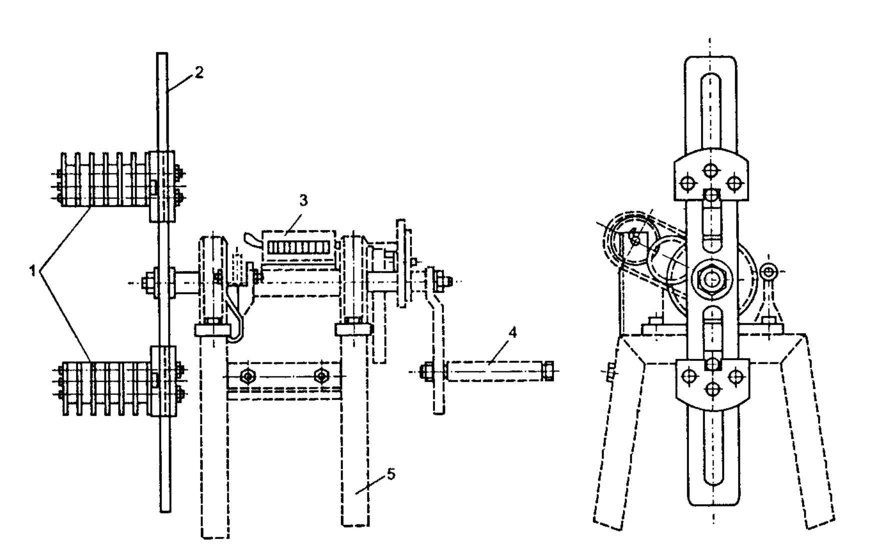


Рис. 6.6. Станок для ручной намотки катушек с раздвижным шаблоном: 1 — колодка шаблона; 2 — диск; 3 — счетчик оборотов; 4 — рукоятка; 5 — станина

2. Намотать катушку.

3. Сделать переход на другую ступень шаблона.

4. Намотать катушку. Данные операции повторить до завершения намотки секции.

5. Перевязать каждую катушку в двух местах по разъему шаблона отходами провода. В случае обрыва провода допускается одна пайка на шаблон с выводом ее на лобовую часть с изоляцией хлорвиниловой трубкой.

6. Снять шаблон с катушкой со станка, вынуть катушку, перевязать ее в одном месте и уложить в тару.

7. Замерить сопротивление и проверить вес катушки.

Технологическая операция № 13 — укладка обмоток статора асинхронных электродвигателей.

Оборудование, приспособления, инструменты: подставка для укладки; инструмент обмотчика (рис. 6.7); плоскогубцы; молоток; молоток резиновый; ножницы портняжные; пресс гидравлический ПГ-1; паяльник; игла специальная

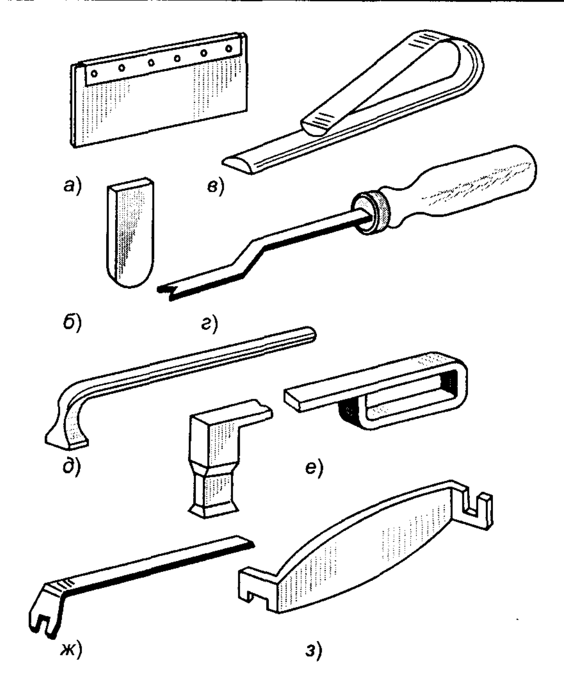


Рис. 6.7. Набор инструмента обмотчика: *а* — фибровая пластинка; *б* — фибровый язык; *в* — обратный клин; *г* — угловой нож; *д* — выколотка; *е* — топорик; *ж* и *з* — ключи для гибки роторных стержней

для бандажировки; приспособление-шаблон для правки лобовых частей; аппарат ЕЛ-1; пинцет; сварочный трансформатор 0,5 кВт, 13 В; мегомметр.

Подготовка статора к укладке

1. Продуть статор сжатым воздухом. Тщательно проверить состояние пазов; при обнаружении заусениц произвести их опиловку.

2. Заложить в пазы электродвигателя пазовые коробочки, обеспечив их одинаковые вылеты.

3. Оправить заложенные пазовые коробочки оправкой и установить статор на специальную подставку.

Укладка секций

1. Взять комплект секций на электродвигатель и положить слева от подставки.

2. Взять одну группу фазы и развязать нитки, связывающие группу.

3. Первую секцию согнуть. Секцию сгибать так, чтобы части секции, вкладываемые в пазы, были параллельны. Вязки сдвинуть на лобовые части.

4. В первый паз вставить одну сторону секции, заправляя проводники ножом, оправкой, изготовленным из твердых пород дерева или текстолита, эбонита и т. д. Первым пазом считается паз (если смотреть слева), лежащий напротив кармана или места выхода из статора выводных концов. Укладку производят по часовой стрелке.

5. Закрепить секции пазовой крышкой.

6. Обжать секцию в пазу гладилкой и заклинить клином.

7. В зависимости от шага по пазам отсчитать необходимый паз и вставить в него вторую сторону секции, повторяя операции по укладке первой стороны.

8. Уложить в том же порядке остальные катушки секции.

9. Согласно схеме обмотки уложить остальные секции.

10. Установить шаблон для формовки лобовых частей в расточку статора и оправкой отформовать лобовую часть (рис. 6.8). Вставить лобовые межфазные прокладки.

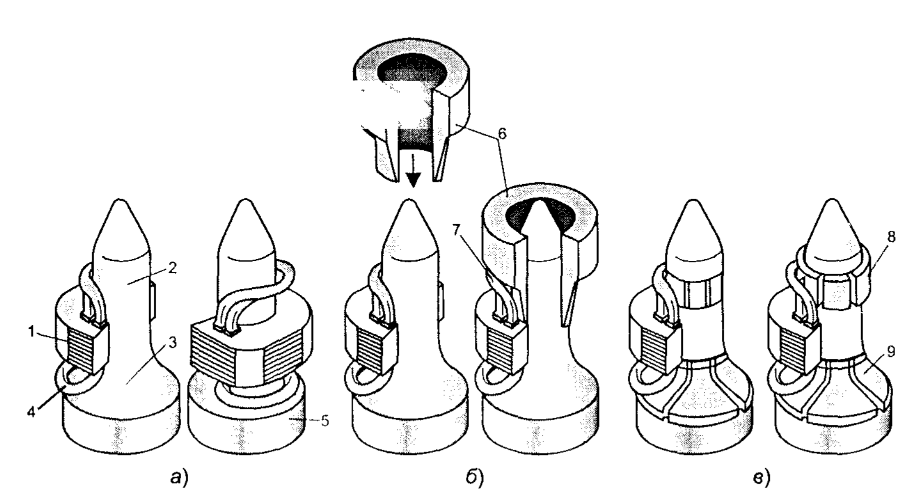


Рис. 6.8. Формовка лобовых частей обмотки статора: *а* — с помощью одной конусной оправки, б — с помощью двух оправок, *в* — с помощью оправки с радиально расходящимися сегментами. 1 — статор; 2 — цилиндрическая часть оправки; 3 — коническая часть оправки; 4 и 7 — лобовые части обмотки; 5 — основание оправки; 6 — вторая съемная оправка; 8 и 9 — радиально расходящиеся сегменты

11. Повернуть электродвигатель другой стороной, повторить процесс формовки лобовой части. Вставить лобовые межфазные прокладки.

12. Статор установить вертикально, расправить концы секций и надеть на них поливинилхлоридные или линоксиновые трубки.

13. На концы секций в местах межкатушечных соединений надеть поливинилхлоридные или линоксиновые трубки по одной на каждое.

14. Зачистить места сварки от изоляции и соединить катушки (рис. 6.9).

15. Подсоединить выводные концы.

16. Места соединений сварить при помощи сварочного трансформатора. Концы обмотки свариваются на стыковом аппарате. Для этого к зачищенным и скрученным вместе проводам прикладывают металлический электрод. В данном случае используют плоскогубцы, к которым присоединен один провод от сварочного трансформатора. Ручки плоскогубцев изолированны. К концу скрутки прикладывают угольный электрод. Возникшая дуга оплавляет провода и сваривает их. Момент сварки изображен на рис. 6.10.

17. Зачистить место сварки, отогнуть скрутку и надвинуть трубку.

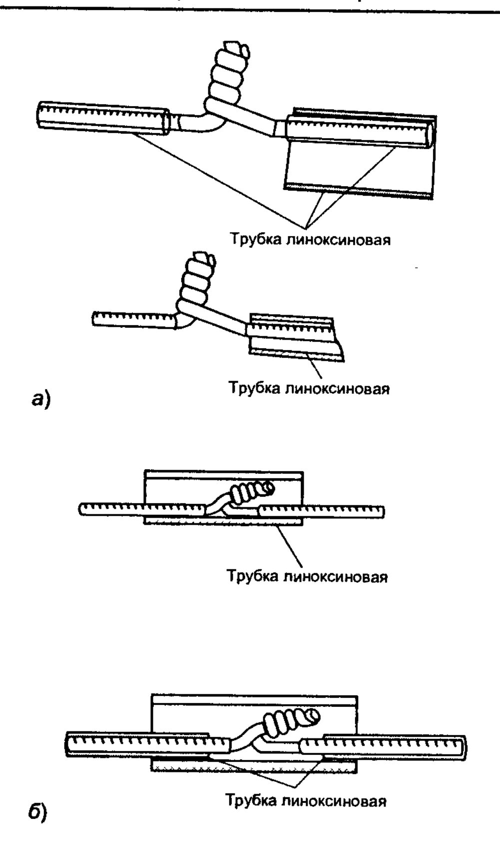


Рис. 6.9. Соединение проводов: *а* — скрутка; *б* — изолировка

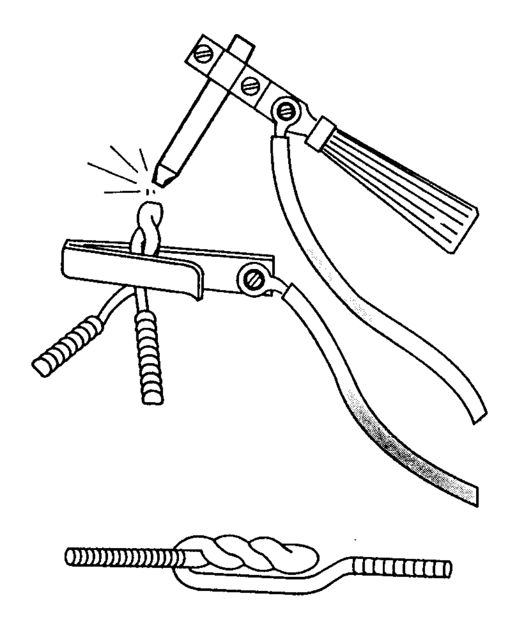


Рис. 6.10. Сварка проводов

18. Надвинуть линоксиновую (поливинилхлоридную) трубку большего диаметра на отогнутую скрутку с выводным концом так, чтобы каждый ее конец находил на трубку меньшего диаметра не меньше чем на 10 мм.

19. Уложить выводные концы, направив их к карману или месту вывода, а затем связать в пучок.

20. Забандажировать лобовую часть хлопчатобумажным шнур-чулком или стеклошнур-чулком, прошивая обмотку возле каждого паза. Шнур завязать узлом у первого паза.

21. Повернуть статор и забандажировать вторую лобовую часть.

22. Установить статор в приспособление для опрессовки. Выводные концы заправить в соответствующую прорезь. Опрессовать лобовую часть. Повернуть статор и опрессовать вторую лобовую часть.

23. После опрессовки произвести перетяжку бандажа. Развязать крепление шнур-чулка, выбрать слабину, образовавшуюся при опрессовке и завязать узлом заново.

При изготовлении приспособления для опрессовки лобовых частей статора необходимо учитывать, что после опрессовки обмотки лобовых частей немного пружинят, увеличивая размер на 2...3 мм. Кроме того, необходимо также учитывать увеличение размера лобовых частей обмотки на 2...3 мм после пропитки и сушки.

24. Установить шаблон для оправки лобовых частей и оправить последние с обеих сторон статора.

25. Произвести контроль обмотки на контрольном стенде.

26. Отправить статор на пропитку и сушку.

6.5. Пропитка и сушка статорных обмоток

Технологическая операция № 14 — пропитка и сушка статорных обмоток.

Оборудование: печь сушильная камерная с регулированием обмена воздуха и аппаратурой для контроля и регулирования температуры; вакуумпропиточная установка; пульверизаторы и пульверизаторная камера, оборудованная вентиляцией; мегомметр; вискозиметр.

Пропитка статорных обмоток

1. Лаки и эмали довести до нормальной консистенции и вязкости. Разбавители должны быть подобраны с учетом недопустимости коагуляции лаков и эмалей.

2. Не реже одного раза в неделю, а также при каждой загрузке новой порции проверять вязкость лака и его качество по лаковой пленке, нанесенной на полоску конденсаторной бумаги или кальки. Для этого лак в баке тщательно перемешать, погрузить в него полоску чистой бумаги шириной 40...45 мм и диной 150...200 мм, вынуть и после того, как стекут излишки лака, осмотреть качество пленки. Лак хорошего качества образует гладкую, ровную, без просветов пленку.

3. Очистить от пыли и загрязнений узлы до предварительной сушки.

4. При сушке обмоток статоров необходимо предусмотреть возможность свободного доступа к ним горячего воздуха.

5. Предварительную сушку без вакуума производить в автоклаве, для чего после его загрузки ненагретыми обмотками крышку автоклава не закрывать, включить обогрев, повысить температуру в нем до 80...100 °С и сушить в течение 2 часов.

6. Закрыть крышку, плотно затянуть винты, включить вакуумный насос и создать в автоклаве разряжение до 720...740 мм рт. ст. Окончательную сушку производить в течение 2 часов.

7. Включить обогреватель смесителя, подогреть лак до температуры 50...60 °С и, перемешивая, перекачать в автоклав.

8. Наблюдать за уровнем лака в смотровое окно и после того, как он покроет все узлы и уровень поднимется на 4...5 см выше узлов, подачу лака прекратить.

9. Прекратив подачу лака в автоклав, сохранить в течение 5...10 мин оставшееся в нем разряжение при температуре 60...70 °С, а затем повысить давление до атмосферного и выдержать обмотки еще 5...10 мин.

10. Включить компрессор, поднять давление в автоклаве до 3...4 атм. и выдержать его в течение 3...5 мин.

11. Снизить давление до атмосферного и выдержать его в течение 3...5 мин.

12. Повысить давление до 3...4 атм. на такое же время, после чего снизить его до атмосферного и цикл повторить.

В зависимости от условий работы двигателя и коэффициента заполнения паза проводом, а также при пропитке многовитковых катушек пропитка по такому тренировочному режиму может иметь 3—5 циклов.

13. По окончании последнего цикла пропитки в автоклаве снизить давление до величины, несколько превышающей атмосферное, открыть вентиль и перегнать лак в смеситель.

14. Когда лак перейдет в смеситель, вентиль не перекрывать в течение 30 мин; за это время лак стечет с узлов и перейдет в смеситель, после чего вентиль закрыть.

15. Не открывая крышку автоклава, включить нагреватель, довести температуру обмоток до 70...80 °С, включить вакуумный насос и при вакууме не менее 720 мм рт. ст. сушить их в течение 4 часов.

16. Соединить автоклав с атмосферой, открыть крышку и выгрузить статор.

17. Все металлические поверхности и выводные концы обмоток протереть салфеткой, смоченной в скипидаре. Для придания эластичности выводным концам их после пропитки перед сушкой смазать касторовым маслом.

18. При снижении температуры печи до 100 °С время сушки удваивают. Время пребывания обмоток в печи при температуре ниже 100 °С не учитывают.

19. Общее время нахождения на воздухе пропитанных обмоток до загрузки их в сушильную печь не должно превышать 40 мин.

20. Сушку лобовых частей, покрытых эмалью СВД, производят при температуре 60—70 °С в течение 3 час, затем при температуре 20 °С до прекращения отлипа.

21. Лакировку лобовых частей обмоток статора производят пульверизатором с последующей сушкой по режимам, указанным в табл. 6.4. Наносить эмаль на обмотки при температуре последних 50...70 °С.

Таблица 6.4. Режим сушки после пропитки и лакировки

Наименование операции	Марка лака, эмали	Температура, °С	Продолжительность сушки, час.
Сушка после пропитки	№ 447	110...120	8...18
	№ 458	110...120	6...15
	321Т	120...125	5...15
	МЛ-92	130...150	7
Сушка после лакировки	ГФ-92-ХС (СВД)	60...70	3
	ГФ-92-ГС (СПД)	110...120	4...6

22. Качество сушки контролируют по величине сопротивления изоляции после окончательной пропитки и сушки. Величину сопротивления изоляции обмоток статоров после окончательной пропитки и сушки измеряют мегомметром на 500 В по истечении не более 10 мин после выгрузки статоров из печи.

Величина сопротивления изоляции при этом должна быть не менее 1 МОм. В случае меньших значений величины сопротивления изоляции производят повторное измерение с замером температуры обмоток, которая должна быть не менее 100 °С.

23. Обмотки статоров, не удовлетворяющие указанной величине сопротивления изоляции, должны подвергаться дополнительной сушке до получения требуемой величины сопротивления изоляции.

7. Изготовление деревянных клиньев

Секции обмоток статоров и роторов электродвигателей после укладки обмотки в паз заклиниваются клиньями из крепкого дерева. На рис. 7.1 показан общий вид станка для изготовления клиньев. Литая станина (1) в виде прямоугольной коробки имеет салазки (2) горизонтального хода и салазки (3) поперечного хода. Доска — заготовка укрепляется зажимами. Вращение вала (4) с фасонной фрезой (5) осуществляется электродвигателем (6) мощностью 5 кВт, 1440 об/мин. Вращение вала (7) с пилой (8) осуществляется другим таким же электродвигателем (9).

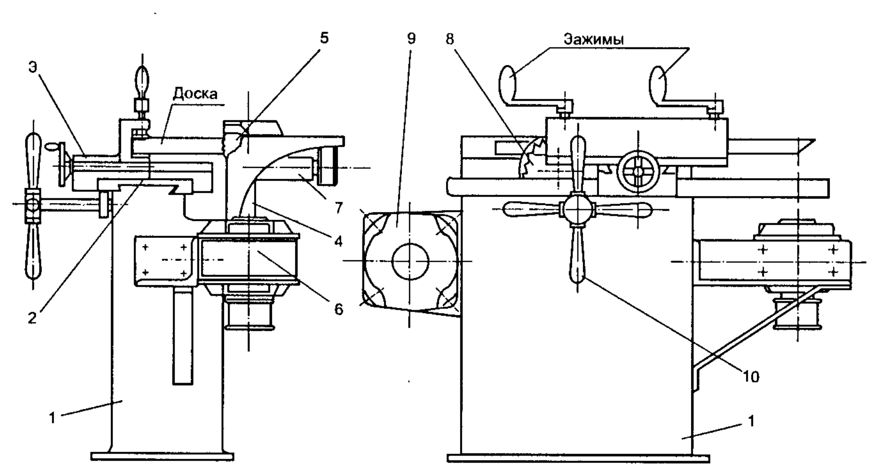


Рис. 7.1. Общий вид станка для изготовления клиньев: 1 — литая станина, 2 — салазки горизонтального хода, 3 — салазки поперечного хода, 4 — вал фасонной фрезы, 5 — фасонная фреза, 6 и 9 — электродвигатель, 7 — вал дисковой пилы, 8 — дисковая пила, 10 — штурвал

Станок работает следующим образом. Доска-заготовка салазками (3) подводится своей кромкой к фасонной фрезе. Затем при помощи штурвала (10) стол приводится в движение в продольном направлении. При этом фрезеруется кромка доски и одновременно отрезается несколько заготовок, которые потом разделяются на клинья.

Изготовление клиньев схематично изображено на рис. 7.2.

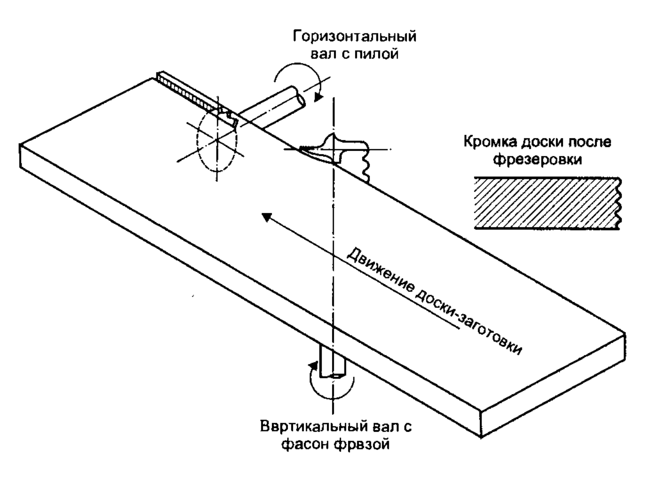


Рис. 7.2. Схема изготовления клиньев

8. Обмоточные данные электрических машин

Таблица 8.1. Условные обозначения величин, принятых в таблицах обмоточных данных

Обозначение	Наименование
P	Номинальная мощность на валу
U_1	Номинальное линейное напряжение статора
U_2	Номинальное линейное напряжение ротора
I_1	Номинальный линейный ток статора
I_2	Номинальный линейный ток ротора
n	Частота вращения при номинальной нагрузке
n_c	Синхронная частота вращения
D_c	Наружный диаметр активной стали статора
d_c	Внутренний диаметр активной стали статора
l	Длина железа сердечника статора
Q	Площадь паза в штампе
$Q_{из}$	Площадь изолированного паза
δ	Воздушный зазор междужелезного пространства
z_1	Число пазов статора
z_2	Число пазов ротора
y_1	Шаг обмотки по пазам статора
y_2	Шаг обмотки по пазам ротора
$d_{пр}$	Диаметр голого обмоточного провода

Обозначение	Наименование
$a \times b$	Размер голого прямоугольного обмоточного провода
$n_к$	Число полюсных катушек
$n_{к1}$	Число катушек в группе обмотки статора
$n_{к2}$	Число катушек в группе обмотки ротора
$n_{к.ф}$	Число катушек на фазу
$2p$	Число полюсов
S_n	Число эффективных проводников в пазу
$n_{э1}$	Число элементарных проводников в пазу статора
$n_{э2}$	Число элементарных проводников в пазу ротора
N	Число сторон секций в пазу
m_1	Число параллельных проводников обмотки статора
m_2	Число параллельных проводников обмотки ротора
a_1	Число параллельных ветвей обмотки статора
a_2	Число параллельных ветвей обмотки ротора
$w_{к1}$	Число эффективных витков в катушке обмотки статора
$w_ф$	Число эффективных витков в фазе
ω_1	Число витков последовательно на фазу
G_1	Масса обмоточного провода статора
G_2	Масса обмоточного провода ротора
R	Сопротивление обмотки
r_1	Активное сопротивление фазы обмотки статора
r_2	Активное сопротивление фазы обмотки ротора

8.1. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 1—9-го габаритов на напряжение 220/380 В

Таблица 8.2. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 1-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	l_1, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОЛ2-11-2	0,8	2815	3,1/1,8	133/73	54	0,4	24	1–12; 2–11	Однослойная	2	97	1	–	97	0,64	1,48	9,28	20
АОЛС2-11-2	0,9	2670	3,7/2,1								93			93	0,64	1,41	8,75	
АОЛ2-11-2-Х	0,6	–	–								92			92	0,51	0,855	13,5	
АОЛ2-11-2-60	0,8	–	–								86			86	0,67	1,42	7,52	
АО2-11-2	0,8	2815	3,1/1,8								97			97	0,64	1,46	8,97	
АОС2-11-2	0,9	2670	3,7/2,1	133/73	52	0,35	24	1–12; 2–11			93			93	0,64	1,40	8,6	20
АО2-11-2-Х	0,6	–	–								92			92	0,51	1,03	13,4	
АО2-11-2-60	0,8	–	–								86			86	0,67	1,37	7,37	
АОЛ2-12-2	1,1	2815	4,2/2,4	133/73	67	0,4	24	1–12; 2–11	Однослойная	2	78	1	–	78	0,72	1,58	6,28	20
АОЛС2-12-2	1,3	2670	5,2/3								75			75	0,72	1,51	6,02	
АОЛ2-12-2-Х	0,8	–	–								81			81	0,55	0,93	11,1	
АОЛ2-12-2-60	1,1	–	–								69			69	0,74	1,48	5,25	
АО2-12-2	1,1	2815	4,2/2,4	133/73	65	0,35	24	1–12; 2–11			78			78	0,72	1,56	6,05	20
АОС2-12-2	1,2	2670	5,2/3								75			75	0,72	1,60	5,83	
АО2-12-2-Х	0,8	–	–								81			81	0,55	1,1	10,8	
АО2-12-60	1,1	–	–								69			69	0,74	1,43	5,15	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОЛ2-11-4	0,6	1360	2,8/1,6	133/80	54	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	2	129	1	–	129	0,57	1,25	12,5	30
АОЛС2-11-4	0,6	1300	3,2/2,8			0,3					124			124	0,57	1,19	12	
АОЛ2-11-4-Х	0,4	–	–			0,3					125			125	0,41	0,611	23,4	
АОЛ2-11-4-Ш	0,4	1370	2,1/1,2			0,4					154			154	0,51	1,19	18,7	
АОЛ2-11-4-60	0,6	–	–			0,3					122			122	0,57	1,17	11,8	
АО2-11-4	0,6	1370	2,8/1,6	133/80	52	0,25	24	1–8; 2–7			129			129	0,57	1,19	11,6	30
АОС2-11-4	0,6	1370	3,1/1,8								128			128	0,57	1,18	11,5	
АО2-11-4-Х	0,4	–	–								125			125	0,41	0,74	21,8	
АО2-11-4-Ш	0,4	1370	2,1/1,2								150			150	0,51	1,12	16,9	
АО2-11-4-60	0,6	–	–								122			122	0,57	1,09	11,2	
АОЛ2-12-4	0,8	1360	3,6/2,1	133/80	67	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	2	107	1	–	107	0,62	1,31	9,4	30
АОЛС2-12-4	0,9	130	4,3/2,5			0,3					101			101	0,64	1,32	8,35	
АОЛ2-12-4-Х	0,6	–	–			0,3					100			100	0,49	0,746	14,1	
АОЛ2-12-4-Ш	0,5	1370	3/1,7			0,4					116			116	0,59	1,29	11,3	
АОЛ2-12-4-60	0,8	–	–			0,3					98			98	0,64	1,28	8,1	
АО2-12-4	0,8	1360	3,6/2,1	133/80	65	0,25	24	1–8; 2–7			107			107	0,62	1,26	8,8	30
АОС2-12-4	0,9	1300	4,3/2,5								98			98	0,64	1,23	7,57	
АО2-12-4-Х	0,6	–	–								100			100	0,49	0,865	13,2	
АО2-12-4-Ш	0,6	1370	3/1,7								112			112	0,59	1,2	10,2,	
АО2-12-4-60	0,8	–	–								98			98	0,64	1,19	7,68,	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$п_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОЛ2-11-6	0,4	915	2,4/1,4	133/80	67	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	120	1	–	120	0,55	1,51	17,5	26
АОЛС2-11-6	0,4	870	2,4/1,4								120			120	0,55	1,51	17,5	
АОЛ2-11-6-60	0,4	–	–								112			112	0,57	1,51	15,2	
АО2-11-6	0,4	916	2,4/1,4	133/80	65	0,25	36	1–8; 2–7			122			122	0,55	1,51	17,1	26
АОС2-11-6	0,4	870	2,4/1,4								120			120	0,57	1,6	15,6	
АО2-11-6-60	0,4	–	–								111			111	0,57	1,53	13,8	
АОЛ2-12-6	0,6	915	3,3/1,9	133/80	77	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	95	1	–	95	0,64	1,73	10,8	26
АОЛС2-12-6	0,6	870	3,5/2								94			94	0,64	1,69	10,7	
АОЛ2-12-6-Х	0,4	–	–								97			97	0,67	1,0	18,9	
АОЛ2-12-6-Ш	0,4	920	2,5/1,5								106			106	0,59	1,62	14,3	
АОЛ2-12-6-60	0,6	–	–								91			91	0,64	1,64	10,4	
АО2-12-6	0,6	915	3,3/1,9	133/80	75	0,25	36	1–8; 2–7			95			95	0,64	1,7	10,4	26
АОС2-12-6	0,6	870	3,5/2								94			94	0,64	1,68	10,3	
АО2-12-6-Х	0,4	–	–								97			97	0,49	1,19	18,3	
АО2-12-6-Ш	0,4	920	2,5/1,5								106			106	0,62	1,73	12,4	
АО2-12-6-60	0,6	–	–								91			91	0,64	1,58	10,2	

Таблица 8.3. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 2-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОЛ2-21-2	1,5	2860	5,6/3,2	153/86	65	0,45	24	1–12; 2–11	Однослойная	2	69	1	–	69	0,86	2,15	4,19	20
АОЛС2-21-2	1,8	2730	7,1/4,1								66			66	0,9	2,25	3,67	
АОЛ2-21-2-Х	1,1	–	–								78			78	0,8	2,11	5,47	
АОЛ2-21-2-60	1,5	–	–								62			62	0,93	2,26	3,23	
АО2-21-2	1,5	2860	5,6/3,2	153/86	63	0,4	24	1–12; 2–11			69			69	0,86	2,12	4,1	20
АОС2-21-2	1,8	2730	7,1/4,1								66			66	0,9	2,22	3,58	
АО2-21-2-Х	1,1	–	–								75			75	0,69	1,69	7,08	
АО2-21-2-60	1,5	–	–								64			64	0,9	2,16	3,47	
АОЛ2-21-2	2,2	2860	7,8/4,5	153/86	92	0,45	24	1–12; 2–11	Однослойная	2	54	1	–	54	0,96	2,32	2,92	20
АОЛС2-21-2	2,5	2730	9,7/5,6								50			50	1,0	2,34	2,5	
АОЛ2-21-2-Х	1,5	–	–								65			65	0,9	2,46	4	
АОЛ2-21-2-60	2,2	–	–								48			48	1,04	2,43	2,21	
АО2-21-2	2,2	2860	7,8/4,5	153/86	90	0,4	24	1–12; 2–11			54			54	0,96	2,3	2,86	20
АОС2-21-2	2,5	2730	9,7/5,6								50			50	1,0	2,32	2,45	
АО2-21-2-Х	1,5	–	–								58			58	0,8	1,93	4,52	
АО2-21-2-60	2,2	–	–								47			47	1,08	2,53	1,97	
АОЛ2-21-4	1,1	1400	4,7/2,7	153/94	70	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	2	92	1	–	92	0,77	1,89	5,69	30
АОЛС2-21-4	1,3	1300	6,1/3,5			0,3					85			85	0,8	1,88	4,88	
АОЛ2-21-4-Х	0,8	–	–			0,3					101			101	0,72	1,8	7,16	
АОЛ2-21-4-Ш	0,8	1400	3,8/2,2			0,4					105			105	0,74	1,99	7,05	
АОЛ2-21-4-60	1,1	–	–			0,3					86			86	0,8	1,9	4,94	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-21-4	1,1	1400	4,7/2,7	153/94	70	0,25	24	1–8; 2–7	Однослойная	2	92	1	–	92	0,78	1,86	5,55	30
АОС2-21-4	1,3	1300	6,1/3,5			0,25					83			83	0,83	1,96	4,33	
АО2-21-4-Х	0,8	–	–			0,25					93			93	0,62	1,39	8,82	
АО2-21-4-Ш	0,8	1400	3,8/2,2			0,3					103			103	0,74	1,92	6,75	
АО2-21-4-60	1,1	–	–			0,25					87			87	0,8	1,9	4,89	
АОТ2-21-4	0,8	1420	2,66/1,54			0,25					103			103	0,74	1,92	6,75	
АОЛ2-22-4	1,5	1400	6/3,5	153/94	97	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	2	71	1	–	71	0,9	2,24	3,65	30
АОЛС2-22-4	2	1300	8,5/4,9			0,3					62			62	0,96	2,23	2,8	
АОЛ2-22-4-Х	1,1	–	–			0,3					81			81	0,83	2,19	4,9	
АОЛ2-22-4-Ш	1,1	1400	5,2/3			0,4					76			76	0,86	2,2	4,27	
АОЛ2-22-4-60	1,5	–	–			0,3					64			64	0,96	2,3	2,9	
АО2-22-4	1,5	1400	6/3,5	153/94	95	0,25	24	1–8; 2–7			71			71	0,9	2,2	3,55	30
АОС2-22-4	2	1300	8,5/4,9			0,25					60			60	0,96	2,13	2,57	
АО2-22-4-Х	1,1	–	–			0,25					74			74	0,72	1,64	5,86	
АО2-22-4-Ш	1,1	1400	5,2/3			0,3					80			80	0,86	2,26	4,38	
АО2-22-4-60	1,5	–	–			0,25					65			65	0,93	2,15	3,04	
АОТ2-22-4	1,1	1420	4,45/2,58			0,25					80			80	0,86	2,26	4,38	
АОЛ2-21-6	0,8	930	4/2,3	153/98	70	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	85	1	–	85	0,69	1,81	8,48	26
АОЛС2-21-6	1	870	5,8/3,4			0,3					78			78	0,72	1,79	7,15	
АОЛ2-21-6-Х	0,6	–	–			0,3					97			97	0,64	1,78	11,2	
АОЛ2-21-6-Ш	0,6	930	3,45/1,99			0,35					97			97	0,67	1,94	10,2	
АОЛ2-21-6-60	0,8	–	–			0,3					77			77	0,74	1,89	6,68	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-21-6	0,8	930	4/2,3	153/98	70	0,25	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	85	1	–	85	0,69	1,74	8,1	26
АОС2-21-6	1	870	5,8/3,4			0,25					75			75	0,77	1.9	5,71	
АО2-21-6-Х	0,6	–	–			0,25					74			74	0,57	1,41	12,3	
АО2-21-6-Ш	0,6	930	3,45/1,99			0,3					100			100	0,67	1,93	10,1	
АО2-21-6-60	0,8	–	–			0,25					79			79	0,74	1,87	6,65	
АОТ2-21-6	0,6	920	2,96/1,71			0,25					100			100	0,67	1,93	10,1	
АОЛ2-22-6	1,1	930	5,2/3	153/98	97	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	65	1	–	65	0,8	2,15	5,57	26
АОЛС2-22-6	1,3	870	7,3/4,2			0,3					58			58	0,83	2,06	4,61	
АОЛ2-22-6-Х	0,8	–	–			0,3					73			73	0,74	2,06	7,32	
АОЛ2-22-6-Ш	0,8	930	4,35/2,5			0,35					72			72	0,77	2,2	6,65	
АОЛ2-22-6-60	1,1	–	–			0,3					59			59	0,86	2,25	4,37	
АО2-22-6	1,1	930	5,2/3	153/98	95	0,25	36	1–8; 2–7			65			65	0,8	2,06	5,3	26
АОС2-22-6	1,3	870	7,3/4,2			0,25					58			58	0,86	2,32	4,08	
АО2-22-6-Х	0,8	–	–			0,25					69			69	0,64	1,64	9,15	
АО2-22-6-Ш	0,8	930	4,34/2,5			0,3					79			79	0,74	2,14	7,55	
АО2-22-6-60	1,1	–	–			0,25					62			62	0,93	2,11	4,7	
АОТ2-22-6	0,8	920	3,79/2,19			0,25					79			79	0,74	2,14	7,55	

Таблица 8.4. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 3-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	Ġ1	r1	z2
АОЛ2-31-2	3	2880	10,5/6	180/106	90	0,5	24	1–12; 2–11; 3–10	Одно-, двух-слойная	3	102 и 94	2	–	51–25–22	0,86	3,51	1,7	20
АОЛС2-31-2	3,5	2760	13,3/7,7								86 и 74	2		43–22–15	0,93	3,51	1,25	
АОЛ2-31-2-Х	2,2	–	–								53 и 49	1		53–26–23	1	2,66	2,63	
АОЛ2-31-2-60	3	–	–								46 и 43	1		46–23–20	1,25	3,36	1,46	
АО2-31-2	3,0	2880	10,5/6	180/106	88	0,4	24	1–9	Двухслойная	4	52	1	–	26	1,16	3,15	1,84	20
АОС2-31-2	3,5	2700	13,3/7,7								50			25	1,25	3,51	1,52	
АО2-31-2-Х	2,2	–	–								54			27	0,93	2,28	2,97	
АО2-31-2-60	3,0	–	–								48			24	1,25	3,37	1,46	
АОЛ2-32-2	4,0	2880	13,8/8	180/106	117	0,5	24	1–12; 2–11; 3–10	Одно-, двух-слойная	3	80 и 78	2	–	40–21–18	0,96	3,86	1,21	20
АОЛС2-32-2	4,8	2760	17,5/10,1							3	70 и 66	2		35–18–15	1,04	3,91	0,88	
АОЛ2-32-2-Х	3,0	–	–							3	43 и 40	1		43–21–19	1,12	2,94	3,86	
АОЛ2-32-2-60	4,0	–	–							3	36 и 35	1		36–19–16	1,40	3,6	1,01	
АО2-32-2	4,0	2880	13,8/8	180/106	115	0,4	24	1–9	Двухслойная	4	84	2	–	21	0,96	3,82	1,19	20
АОС2-32-2	4,8	2700	17,5/10,1							4	40	1		20	1,4	3,88	1,07	
АО2-32-2-Х	3,0	–	–							4	42	1		21	1,08	2,6	1,89	
АО2-32-2-60	4,0	–	–							4	40	1		20	1,4	3,88	1,07	
АОЛ2-31-4	2,2	1430	8,5/4,9	180/112	90	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	42	1	–	42	1,08	2,99	2,34	26
АОЛС2-31-4	3,0	1350	12,6/7,3			0,35					39			39	1,12	3,0	2,01	
АОЛ2-31-4-Х	1,5	–	–			0,35					49			49	1,08	2,12	4,97	
АОЛ2-31-4-Ш	1,5	1430	6/3,5			0,4					50			50	1,0	3,06	3,25	
АОЛ2-31-4-60	2,2	–	–			0,35					38			38	1,12	2,9	1,96	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-31-4	2,2	1430	8,5/4,9	180/112	88	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	43	1	–	43	1,08	3,09	2,4	26
АОС2-31-4	3,0	1350	12,6/7,3			0,35					38			38	1,16	3,15	1,83	
АО2-31-4-Х	1,5	–	–			0,35					48			48	0,8	2,08	4,88	
АО2-31-4-Ш	1,5	1430	6/3,5			0,4					50			50	1,0	3,06	3,25	
АО2-31-4-60	2,2	–	–			0,35					39			39	1,16	3,23	1,89	
АОТ2-31-4	1,5	1430	6/3,48			0,35					50			50	1,0	3,08	3,25	
АОЛ2-32-4	3,0	1430	11,2/6,5	180/112	117	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	33	1	–	33	1,25	3,49	1,53	26
АОЛС2-32-4	4,0	1350	16,1/9,4			0,35					60	2		30	0,93	3,53	1,25	
АОЛ2-32-4-Х	2,2	–	–			0,35					36	1		36	0,93	2,3	3,04	
АОЛ2-32-4-Ш	2,2	1430	8,5/4,0			0,4					38	1		38	1,16	3,48	2,04	
АОЛ2-32-4-60	3,0	–	–			0,35					30	1		30	1,25	3,16	1,39	
АО2-32-4	3,0	1430	11,2/6,5	180/112	115	0,3	36	1–12; 2–11; 3–10			34	1		34	1,25	3,63	1,58	26
АОС2-32-4	4,0	1350	16,2/9,4			0,3					30			30	1,3	3,47	1,28	
АО2-32-4-Х	2,2	–	–			0,3					36			36	0,96	2,47	2,83	
АО2-32-4-Ш	2,2	1430	8,5/4,9			0,35					38			38	1,16	3,48	2,04	
АО2-32-4-60	3,0	–	–			0,35					32			32	1,3	3,7	1,37	
АОТ2-32-4	2,3	1430	8,4/4,85			0,3					38			38	1,16	3,51	2,05	
АОЛ2-31-6	1,5	950	6,6/3,8	180/118	90	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	60	1	–	60	1,04	3,42	3,12	44
АОЛС2-31-6	2,0	870	10,3/5,9			0,35					56			56	1,08	3,44	2,68	
АОЛ2-31-6-Х	1,1	–	–			0,35					63			63	0,8	2,42	5,66	
АОЛ2-31-6-Ш	1,1	950	5,1/2,95			0,4					71			71	0,96	3,54	4,45	
АОЛ2-31-6-60	1,5	–	–			0,35					54			54	1,08	3,34	2,58	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-31-6	1,5	950	6,6/3,8	180/122	88	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	60	1	–	60	1,0	3,28	3,45	33
АОС2-31-6	2,0	870	10,3/5,9			0,3					54			54	1,04	3,19	2,87	33
АО2-31-6-Х	1,1	–	–			0,3					64			64	0,8	2,48	5,75	33
АО2-31-6-Ш	1,1	950	5,1/2,95			0,35					71			71	0,96	3,54	4,45	46
АО2-31-6-60	1,5	–	–			0,3					55			55	1,04	3,25	2,94	33
АОТ2-31-6	1,1	950	4,9/2,84			0,3					71			71	0,96	3,56	4,45	33
АОЛ2-32-6	2,2	950	9,2/5,3	180/118	117	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	92	2	–	46	0,83	3,8	2,12	44
АОЛС2-32-6	2,7	870	13,1/7,6			0,35					43	1		43	1,25	4,0	1,75	
АОЛ2-32-6-Х	1,5	–	–			0,35					49	1		49	0,93	2,81	3,72	
АОЛ2-32-6-Ш	1,5	950	6,8/3,9			0,4					54	1		54	1,12	4,14	2,79	
АОЛ2-32-6-60	2,2	–	–			0,35					42	1		42	1,2	3,6	1,86	
АО2-32-6	2,2	950	9,2/5,3	180/122	115	0,3	36	1–8; 2–7			46	1		46	1,12	3,55	2,39	33
АОС2-32-6	2,7	870	13,1/7,6			0,3					43			43	1,20	3,83	1,95	33
АО2-32-6-Х	1,5	–	–			0,3					51			51	0,93	2,94	3,84	33
АО2-32-6-Ш	1,5	950	6,8/3,9			0,35					54			54	1,12	4,14	2,79	46
АО2-32-6-60	2,2	–	–			0,3					42			42	1,20	3,74	1,9	33
АОТ2-32-6	1,5	950	6,45/3,73			0,3					54			54	1,12	4,16	2,8	33

Таблица 8.5. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 4-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-41-2	5,5	2900	18,8/10,9	208/123	110	0,6	24	1–10	Двухслойная	4	68	2	–	17	1,25	6,28	0,671	20
АОС2-41-2	6,8	2760	24,2/14								64			16	1,3	6,4	0,584	
АО2-41-2-Х	4,0	–	–								76			19	1,0	4,85	1,17	
АО2-41-2-60	5,5	–	–								64			16	1,3	6,4	0,584	
АО2-42-2	7,5	2910	25,4/14,7	208/123	148	0,6	24	1–10	Двухслойная	4	54	1	2	27	1,4	6,94	0,47	20
АОС2-42-2	9	2760	31,2/18,1								50	1	2	25	1,0	6,58	0,427	
АО2-42-2-Х	5,5	–	–								60	2	–	15	1,12	5,3	0,82	
АО2-42-2-60	7,5	–	–								100	2	2	25	1,0	6,58	0,428	
АО2-41-4	4	1450	14,3/8,3	208/133	110	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	66	2	–	33	1,08	5,76	1,1	26
АОП2-41-4	4	1440	15,2/8,8			0,35					60	2		30	1,12	5,63	0,93	
АОС2-41-4	5,2	1350	19,4/11,2			0,35					58	2		29	1,12	5,43	0,898	
АОТ2-41-4	3	1460	10,7/6,2			0,35					36	1		36	1,45	5,65	1,33	
АОК2-41-4	3	1410	11,6/6,7			0,35					36	1		36	1,45	5,65	1,33	
АО2-41-4-Х	3	–	–			0,35					35	1		35	1,25	4,31	1,74	
АО2-41-4-Ш	3	1450	11,5/6,7			0,45					35	1		35	1,45	5,45	1,29	
АО2-41-4-60	4	–	–			0,35					58	2		29	1,12	5,43	0,894	
АО2-42-4	5,5	1450	19,3/11,1	208/133	148	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	48	2	–	24	1,25	6,32	0,675	26
АОП2-42-4	5,5	1440	20,2/11,7			0,35					46	2		23	1,3	6,55	0,6	
АОС2-42-4	7,5	1350	27,4/15,8			0,35					44	2		22	1,3	6,27	0,572	
АОТ2-42-4	4	1460	13,7/7,95			0,35					56	2		28	1,16	6,37	0,914	
АОК2-42-4	4	1420	15,4/8,8			0,35					52	2		26	1,2	6,5	0,8	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-42-4-Х	4	–	–	208/133	148	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	3	27	1	–	27	1,45	5,05	1,13	26
АО2-42-4-Ш	4	1450	14,8/8,55			0,45					54	2		27	1,16	6,15	0,83	
АО2-42-4-60	5,5	–	–			0,35					44	2		22	1,3	6,27	0,572	
АО2-41-6	3	960	12,4/7,2	208/144	110	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	41	1	–	41	1,35	4,86	1,5	33
АОП2-41-6	3	955	15,4/8,9			0,35					36	1		36	1,5	5,16	1,06	26
АОС2-41-6	4	870	19,7/10,8			0,35					72	2		36	1,0	4,61	1,19	46
АОТ2-41-6	2,2	970	9,4/5,43			0,35					44	1		44	1,35	5,1	1,6	33
АОК2-41-6	2,2	930	9,9/5,7			0,35					46	1		46	1,35	5,34	1,68	27
АО2-41-6-Х	2,2	–	–			0,35					45	1		45	1,12	3,82	2,38	33
АО2-41-6-Ш	2,2	970	9,9/5,7			0,4					43	1		43	1,35	5,0	1,57	46
АО2-41-6-60	3	–	–			0,35					72	2		36	1,0	4,61	1,2	33
АО2-42-6	4	960	15,8/9,2	208/144	148	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	64	2	–	32	1,08	5,51	1,05	33
АОП2-42-6	4	955	19,2/11			0,35					56	2		28	1,16	5,56	0,797	26
АОС2-42-6	4,7	870	21,2/12,2			0,35					56	2		28	1,16	5,56	0,797	46
АОТ2-42-6	3	970	12,2/7,05			0,35					34	1		34	1,56	6,7	1,07	33
АОК2-42-6	3	940	13,1/7,6			0,35					66	2		33	1,12	6,1	1,0	27
АО2-42-6-Х	3	–	–			0,35					34	1		34	1,35	4,79	1,43	33
АО2-42-6-Ш	3	970	13/7,55			0,4					38	1		38	1,56	5,93	1,04	46
АО2-42-6-60	4	–	–			0,35					56	2		28	1,16	5,56	0,798	33
АО2-41-8	2,2	630	15,8/9,2	208/144	110	0,35	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	52	1	–	26	1,16	3,8	2,18	33
АОП2-41-8	2,2	710	13/7,3			0,35					46			23	1,25	3,89	1,66	26
АОС2-41-8	3	630	15,8/9,2			0,35					46			23	1,2	3,61	1,8	46
АОТ2-41-8	1,5	730	7,22/4,2			0,35					60			30	1,16	4,38	2,5	33

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-41-8-Х	1,5	–	–	208/144	110	0,35	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	56	1	–	28	0,96	3,01	3,42	33
АО2-41-8-Ш	1,5	720	7,9/4,6			0,4					60			30	1,16	4,38	2,5	46
АО2-41-8-60	2,2	–	–			0,35					46			23	1,2	3,61	1,8	33
АО2-42-8	3	720	14/8,1	208/144	148	0,35	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	80	2	–	20	0,9	4,15	1,64	33
АОП2-42-8	3	710	16,3/9,4			0,35					36	1		18	1,4	4,51	1,22	26
АОС2-42-8	3,5	630	18/10,4			0,35					36	1		18	1,35	4,18	1,31	46
АОТ2-42-8	2,2	730	10,35/6			0,35					44	1		22	1,35	5,1	1,6	33
АО2-42-8-Х	2,2	–	–			0,35					42	1		21	1,12	3,61	2,24	33
АО2-42-8-Ш	2,2	720	11,4/6,6			0,4					42	1		21	1,4	5,26	1,33	46
АО2-42-8-60	3	–	–			0,35					34	1		17	1,4	4,26	1,15	33

Таблица 8.6. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 5-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-51-2	10	2900	29,8/17,2	243/140	135	0,7	24	1–10	Двухслойная	4	100	2	2	25	1,25	10,7	0,287	20
АОС2-51-2	10	2760	39,6/23								100	2		25	1,25	10,7	0,287	
АО2-51-2-Х	7,5	–	–								56	1		28	1,5	9,1	0,444	
АО2-51-2-60	10	–	–								88	2		22	1,35	11	0,217	
АО2-52-2	13	2900	43,5/25,2	243/140	170	0,7	24	1–10	Двухслойная	4	120	3	2	20	1,16	12,1	0,194	20
АОС2-52-2	13	2760	45,7/26,4								120	3		20	1,16	12,1	0,194	
АО2-52-2-Х	10	–	–								48	1		24	1,62	9,85	0,368	
АО2-52-2-60	13	–	–								108	3		18	1,20	11,7	0,163	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-51-4	7,5	1450	25,6/14,8	243/158	135	0,45	36	1–8	Двухслойная	3	52	2	–	13	1,35	7,45	0,587	26
АОП2-51-4	7,5	1450	27,3/15,8			0,45					44			11	1,5	7,75	0,4	26
АОС2-51-4	9,4	1350	34,6/20			0,45					44			11	1,5	7,75	0,4	46
АОТ2-51-4	5,5	1460	18,6/10,7			0,45					56			14	1,3	7,45	0,68	26
АОК2-51-4	5,5	1420	21,2/12,3			0,45					52			13	1,35	7,4	0,59	48
АО2-51-4-Х	5,5	–	–			0,45					56			14	1,16	6,3	0,85	26
АО2-51-4-Ш	5,5	1450	17,5/10,1			0,55					60			15	1,25	7,35	0,788	46
АО2-51-4-60	7,5	–	–			0,45					48			12	1,4	7,4	0,504	26
АО2-52-4	10	1450	34/19,7	243/158	170	0,45	36	1–8	Двухслойная	3	60	3	–	10	1,25	8,2	0,39	26
АОП2-52-4	10	1440	36/20,8			0,45					54	3		9	1,35	8,6	0,3	26
АОС2-52-4	12	1350	43,7/25,2			0,45					54	3		9	1,35	8,6	0,3	46
АОТ2-52-4	7,5	1460	25,6/14,8			0,45					66	3		11	1,2	8,4	0,468	26
АОК2-52-4	7,5	1420	28,5/16,4			0,45					60	3		10	1,25	8,2	0,39	18
АО2-52-4-Х	7,5	–	–			0,45					44	2		11	1,25	6,4	0,645	26
АО2-52-4-Ш	7,5	1450	25,4/14,7			0,55					48	2		12	1,45	8,8	0,623	46
АО2-52-4-60	10	–	–			0,45					54	3		9	1,3	8,0	0,324	26
АО2-51-6	5,5	970	20,8/12	243/173	135	0,4	36	1–6	Двухслойная	2	60	2	–	15	1,16	5,65	0,812	46
АОП2-51-6	5,5	955	23,1/13,4			0,4					56	2		14	1,25	6,1	0,653	26
АОС2-51-6	7	890	29/16,7			0,4					56	2		14	1,2	5,7	0,71	46
АОТ2-51-6	4	970	14,9/8,65			0,4					64	2		16	1,16	6,05	0,865	46
АОК2-51-6	4	955	16,9/9,8			0,4					38	1		19	1,5	5,95	1,23	45
АО2-51-6-Х	4	–	–			0,4					34	1		17	1,4	4,9	1,27	46

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин⁻¹	I₁, А	Статор: Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{з1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	Ротор: z2
АО2-51-6-Ш	4	975	16/9	243/173	135	0,5	36	1–6	Двухслойная	2	34	1	–	17	1,62	6,25	0,946	46
АО2-51-6-60	5,5	–	–			0,4					52	2		13	1,25	5,7	0,606	46
АО2-52-6	7,5	970	27,5/15,9	243/173	190	0,4	36	1–6	Двухслойная	2	44	2	–	11	1,4	7,25	0,493	46
АОП2-52-6	7,5	955	30,6/17,6			0,4					40	2		10	1,5	7,5	0,387	26
АОС2-52-6	9	890	36/21			0,4					40	2		10	1,45	7,05	0,418	46
АОТ2-52-6	5,5	970	20,2/11,7			0,4					48	2		12	1,3	6,8	0,623	46
АОК2-52-6	5,5	955	22,7/13			0,4					52	2		13	1,25	6,85	0,73	45
АО2-52-6-Х	5,5	–	–			0,4					24	1		12	1,62	5,55	0,805	46
АО2-52-6-Ш	5,5	975	22/12			0,5					52	2		13	1,3	5,4	0,675	46
АО2-52-6-60	7,5	–	–			0,4					40	2		10	1,45	7,05	0,418	46
АО2-51-8	4	725	17/10	243/173	135	0,4	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	68	2	–	17	1,12	5,65	0,935	46
АОП2-51-8	4	710	20,7/11,9			0,4					32	1		16	1,62	5,6	0,84	26
АОС2-51-8	5	660	24,2/14			0,4					64	2		16	1,16	5,7	0,82	46
АОТ2-51-8	3	730	13,4/7,75			0,4					76	2		19	1,04	5,45	1,21	46
АОК2-51-8	3	710	14,4/8,3			0,4					46	1		23	1,35	5,5	1,74	48
АО2-51-8-Х	3	–	–			0,4					40	1		20	1,25	4,4	1,76	46
АО2-51-8-Ш	3	725	15/9			0,5					40	1		20	1,5	5,9	1,26	46
АО2-51-8-60	4	–	–			0,4					60	2		15	1,16	5,35	0,766	46
АО2-52-8	5,5	725	24/14	243/173	190	0,4	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	52	2	–	13	1,25	6,5	0,695	46
АОП2-52-8	5,5	710	27,4/15,8			0,4					48	2		12	1,35	7,0	0,55	26
АОС2-52-8	6,4	660	30,1/17,4			0,4					48	2		12	1,3	6,5	0,593	46
АОТ2-52-8	4	730	17,6/10,6			0,4					60	2		15	1,2	6,95	0,873	46

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОК2-52-8	4	710	18,5/10,6	243/173	190	0,4	36	1–5	Двухслойная	1; 2; 1; 2; ...	68	2	–	17	1,08	6,4	1,22	48
АО2-52-8-Х	5	–	–			0,4					30	1		15	1,5	5,7	1,11	46
АО2-52-8-Ш	4	725	19/11			0,5					60	2		15	1,2	6,95	0,875	46
АО2-52-8-60	5,5	–	–			0,4					48	2		12	1,3	6,5	0,594	46

Таблица 8.7. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 6-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
А2-61-2	17	2900	57,5/33,2	291/153	110	0,7	36	1–12	Двухслойная	6	60	2	2	15	1,4	11,1	0,19	28
А2-61-2-60	17	–	–								56			14	1,4	10,3	0,177	
А2-62-2	22	2900	73,5/42,5	291/153	135	0,7	36	1–12	Двухслойная	6	52	2	2	13	1,5	11,75	0,154	28
А2-62-2-60	22	–	–		135						48			12	1,5	10,8	0,142	
АО262-2	17	2900	56,3/32,5		150						52			13	1,45	11,4	0,171	
АО2-62-2Т	13	–	–		150						60			15	1,16	9,2	0,307	
АО2-62-Х	13	–	–		150						60			15	1,16	9,2	0,307	
АО2-62-2-60	17	–	–		150						48			12	1,45	10,6	1,158	
А2-61-4	13	1450	43,8/25,3	291/180	120	0,55	36	1–8	Двухслойная	3	80	2	2	20	1,25	10,15	0,27	46
А2-61-4-60	13	–	–		120						76	2		19	1,25	9,3	0,257	46
АО2-61-4	13	1450	43/25		135						76	2		19	1,25	10,0	0,268	46
АОП2-61-4	13	1440	46,2/26,7		135						72	2		18	1,3	10,25	0,235	26
АОС2-61-4	14,5	1350	52,3/30,2		135						68	2		17	1,35	10,4	0,206	46
АОТ2-61-4	10	1460	34/19,6		135						76	2		19	1,3	10,8	0,249	46

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОК2-61-4	10	1420	37,6/21,6	291/180	135	0,55	36	1–8	Двухслойная	3	76	2	2	19	1,25	9,82	0,28	46
АО2-61-4-Т	10	–	–		135						40	1		20	1,56	8,7	0,364	46
АО2-61-4-Х	10	–	–		135						40	1		20	1,56	8,7	0,364	46
АО2-61-4-60	13	–	–		135						72	2		18	1,25	9,6	0,225	46
А2-62-4	17	1450	56,5/32,7	291/180	150	0,55	36	1–8	Двухслойная	3	64	2	2	16	1,4	11,1	0,189	46
А2-62-4-60	17	–	–		150						60			15	1,4	10,0	0,177	46
АО2-62-4	17	1450	56,5/32,6		165						60			15	1,4	10,85	0,185	46
АОП2-62-4	17	1440	60,5/35		165						56			14	1,45	10,9	0,161	26
АОС2-62-4	18,5	1350	66/38,1		165						52			13	1,5	10,8	0,14	46
АОТ2-62-4	13	1460	43,3/25		165						64			16	1,4	11,5	0,198	46
АОК2-62-4	13	1420	48,4/28		165						60			15	1,45	11,6	0,172	46
АО2-62-4-Т	13	–	–		165						64			16	1,16	8,65	0,288	46
АО2-62-4-Х	13	–	–		165						64			16	1,16	8,06	0,288	46
АО2-62-4-60	17	–	–		165						56			14	1,4	10,2	0,173	46
А2-61-6	10	965	35/20,3	291/206	120	0,4	54	1–8	Двухслойная	3	38	1	2	19	1,5	8,87	0,464	64
А2-61-6-60	10	–	–		120						36	1		18	1,5	8,5	0,442	64
АО2-61-6	10	970	33,6/19,4		150						34	1		17	1,56	9,65	0,425	64
АОП2-61-6	10	970	36,8/21,3		150						64	2		16	1,12	9,45	0,392	42
АОС2-61-6	12,5	900	46/26,8		150						60	2		15	1,16	9,5	0,344	64
АОТ2-61-6	7,5	970	26,2/15,1		150						36	1		18	1,56	10,2	0,455	64
АОК2-61-6	7,5	960	28,6/16,5		150						36	1		18	1,5	10,0	0,495	36
АО2-61-6-Т	7,5	–	–		150						38	1		19	1,3	8,1	0,69	64

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-61-6-Х	7,5	–	–	291/206	150	0,4	54	1–8	Двухслойная	3	38	1	2	19	1,3	8,1	0,69	64
АО2-61-6-60	10	–	–		150						32	1		16	1,56	9,3	0,405	64
А2-62-6	13	965	45/26,1	291/206	165	0,4	54	1–8	Двухслойная	3	56	2	2	14	1,25	10,75	0,287	64
А2-62-6-60	13	–	–		165						52	2		13	1,25	10,5	0,268	64
АО2-62-6	13	970	43,5/25,2		190						52	2		13	1,25	10,8	0,290	64
АОП2-62-6	13	970	47,5/27,4		190						48	2		12	1,3	10,8	0,247	42
АОС2-62-6	15,5	900	52,2/33,2		190						48	2		12	1,3	10,8	0,247	64
АОТ2-62-6	10	970	34,6/20		190						56	2		14	1,25	11,6	0,313	64
АОК2-62-6	10	960	37,2/21,4		190						56	2		14	1,2	11,1	0,34	36
АО2-62-6-Т	10	–	–		190						28	1		14	1,45	8,3	0,465	64
АО2-62-6-Х	10	–	–		190						28	1		14	1,45	8,8	0,465	64
АО2-62-6-60	13	–	–		190						52	2		13	1,25	10,8	0,29	64
А2-61-8	7,5	725	29,7/17,2	291/206	120	0,4	54	1–7	Двухслойная	2; 2; 2; 3; 2; …	44	1	2	22	1,4	8,71	0,591	64
А2-61-8-60	7,5	–	–		120						42	1		21	1,4	8,3	0,565	64
АО2-61-8	7,5	725	28/16		150						40	1		20	1,45	9,56	0,562	64
АОП2-61-8	7,5	720	32/18,5		150						38	1		19	1,45	10,0	0,535	42
АОС2-61-8	10	660	40,7/23,6		150						68	2		17	1,56	9,38	0,413	64
АОТ2-61-8	5,5	730	21,7/12,5		150						42	1		21	1,45	11,0	0,592	64
АОК2-61-8	5,5	710	24,4/14,1		150						42	1		21	1,4	9,6	0,645	36
АО2-61-8-Т	5,5	–	–		150						44	1		22	1,16	7,3	0,965	64
АО2-61-8-Х	5,5	–	–		150						44	1		22	1,16	7,3	0,965	64
АО2-61-8-60	7,5	–	–		150						38	1		19	1,45	9,1	0,535	64

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор: Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	Ротор: z2
А2-62-8	10	725	38,2/22,1	291/206	165	0,4	54	1–7	Двухслойная	2; 2; 2; 3; 2; ...	64	2	2	16	1,2	11,12	0,344	64
А2-62-8-60	10	–	–		165						60	2		15	1,2	10,4	0,324	64
АО2-62-8	10	725	36/21		190						60	2		15	1,2	11,1	0,352	64
АОП2-62-8	10	720	41,6/24		190						60	2		15	1,16	11,65	0,375	42
АОС2-62-8	12,5	660	49,2/28,5		190						60	2		15	1,16	10,35	0,375	64
АОТ2-62-8	7,5	730	29,4/17		190						64	2		16	1,16	12,4	0,4	64
АОК2-62-8	7,5	710	32,8/19		190						32	1		16	1,62	11,0	0,398	36
АО2-62-8-Т	7,5	–	–		190						34	1		17	1,3	8,0	0,675	64
АО2-62-8-Х	7,5	–	–		190						34	1		17	1,3	8,0	0,675	64
АО2-62-8-60	10	–	–		190						56	2		14	1,2	10,4	0,33	64

Таблица 8.8. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 7-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор: Dc/dc, мм	L, мм	δ, м	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	Ротор: z2
А2-71-2	30	2900	97,2/56,2	343/183	115	0,85	36	1–12	Двухслойная	6	72	3	2	12	1,4	14,9	0,117	28
А2-71-2-60	30	–	–		115						60	3		10	1,56	15,9	0,078	
АО2-71-2	22	2900	72,8/42,1		130						75	2		12 и 13	1,35	14,9	0,135	
АО2-71-2Т	17	–	–		130						56	2		14	1,4	11,9	0,209	
АО2-71-2-Х	17	–	–		130						56	2		14	1,4	11,9	0,209	
АО-71-2-60	22	–	–		130						66	3		11	1,45	15,3	0,102	

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, м	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
А2-72-2	40	2900	129/74,5	343/183	150	0,85	36	1–12	Двухслойная	6	54	3	2	9	1,62	16,3	0,077	28
А2-72-2-60	40	–	–		150						64	4		8	1,5	16,5	0,055	
АО2-72-2	30	2900	98/56,8		165						57	3		9 и 10	1,56	16,3	0,0827	
АО2-72-2Т	22	–	–		165						48	2		12	1,45	11,8	0,181	
АО2-72-2-Х	22	–	–		165						48	2		12	1,45	11,8	0,181	
АО-72-2-60	30	–	–		165						64	4		9	1,50	17,3	0,058	
А2-71-4	22	1455	72,7/42	343/214	115	0,7	36	1–8	Двухслойная	3	60	2	2	15	1,56	13,2	0,15	46
А2-71-4-60	22	–	–		115						106	4	2	13	1,2	13,0	0,104	46
АО2-71-4	22	1455	71,5/41,2		165						110	2	4	15	1,2	14,8	0,12	46
АОП2-71-4	22	1450	77,4/44,7		165						66	3	2	11	1,5	15,2	0,09	26
АОС2-71-4	22	1400	77,5/44,7		165						72	3	2	12	1,45	15,4	0,106	46
АОТ2-71-4	17	1460	56/32,4		165						84	3	2	14	1,35	15,6	0,143	46
АОК2-71-4	17	1430	61,1/35,1		165						84	3	2	14	1,3	14,7	0,154	24
АО2-71-4-Т	17	–	–		165						60	2	2	15	1,35	11,2	0,229	46
АО2-71-4-Х	17	–	–		165						60	2	2	15	1,35	12,1	0,229	46
АО2-71-4-60	22	–	–		165						66	3	2	11	1,5	14,8	0,086	46
А2-72-4	30	1455	99/57,3	343/214	165	0,7	36	1–8	Двухслойная	3	66	3	2	11	1,5	15,2	0,086	46
А2-72-4-60	30	–	–		165						60	3	2	10	1,62	15,6	0,067	46
АО2-72-4	30	1455	95/55		205						60	3	2	10	1,56	16,5	0,08	46
АОП2-72-4	30	1450	105/60,7		205						54	3	2	9	1,62	16,0	0,0817	26
АОС2-72-4	27	1400	94/54,5		205						54	3	2	9	1,62	16,0	0,0817	46
АОТ2-72-4	22	1460	71/41,1		205						72	3	2	12	1,5	18,3	0,108	46

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, м	z_1	y_1	Тип обмотки	n_{k1}	$n_{э1}$	m_1	a_1	w_{k1}	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОК2-72-4	22	1430	78,5/45,2	343/214	205	0,7	36	1–8	Двухслойная	3	66	3	2	11	1,5	15,8	0,1	24
АО2-72-4-Т	22	–	–		205						48	2	2	12	1,56	13,1	0,152	46
АО2-72-4-Х	22	–	–		205						48	2	2	12	1,56	13,4	0,152	46
АО2-72-4-60	30	–	–		205						108	3	4	9	1,2	16,1	0,057	46
А2-71-6	17	965	57,5/33,2	343/245	130	0,5	54	1–8	Двухслойная	3	56	2	2	14	1,35	12,5	0,253	64
А2-71-6-60	17	–	–		130						48	2		12	1,5	13,3	0,175	64
АО2-71-6	17	970	55,3/32		165						48	2		12	1,45	13,5	0,207	64
АОП2-71-6	17	970	61,6/35,6		165						44	2		11	1,5	13,2	0,176	42
АОС2-71-6	19	930	68,3/39,6		165						68	2		17	1,2	13,1	0,189	64
АОТ2-71-6	13	970	43,4/25		165						52	2		13	1,4	13,6	0,239	64
АОК2-71-6	13	960	47,2/27,2		165						56	2		14	1,35	13,6	0,3	36
АО2-71-6-Т	13	–	–		165						28	1		14	1,62	9,8	0,385	64
АО2-71-6-Х	13	–	–		165						28	1		14	1,62	9,8	0,385	64
АО2-71-6-60	17	–	–		165						40	2		10	1,35	13,8	0,134	64
А2-72-6	22	965	74,3/43	343/245	165	0,5	54	1–8	Двухслойная	3	44	2	2	11	1,56	14,3	0,164	64
А2-72-6-60	22	–	–		165						60	3	2	10	1,35	14,6	0,133	64
АО2-72-6	22	970	71/41		205						40	2	2	10	1,62	15,5	0,154	64
АОП2-72-6	22	970	77,8/45		205						54	3	2	9	1,35	14,6	0,132	42
АОС2-72-6	23	930	82/47,5		205						56	2	3	14	1,3	14,1	0,154	64
АОТ2-72-6	17	970	56,2/32,5		205						42	2	2	10 и 11	1,56	15,2	0,173	64
АОК2-72-6	17	960	60,2/34,7		205						44	2	2	11	1,5	14,7	0,198	36
АО2-72-6-Т	17	–	–		205						44	2	2	11	1,3	11,0	0,261	64

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, м	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-72-6-Х	17	–	–	343/245	205	0,5	54	1–8	Двухслойная	3	44	2	2	11	1,3	11,2	0,261	64
АО2-72-6-60	22	–	–		205						54	3	2	9	1,4	15,2	0,118	64
А2-71-8	13	725	47,5/27,5	343/245	130	0,5	54	1–7	Двухслойная	2; 2; 2; 3; 2; ...	64	2	2	16	1,25	11,3	0,31	64
А2-71-8-60	13	–	–		130						56	2		14	1,4	12,5	0,217	64
АО2-71-8	13	725	48/27		165						60	2		15	1,3	12,7	0,302	64
АОП2-71-8	13	730	53,8/31,1		165						52	2		13	1,4	12,8	0,225	42
АОС2-71-8	15	700	58/21,9		165						56	2		14	1,35	12,8	0,263	64
АОТ2-71-8	10	730	38/21,9		165						60	2		15	1,3	12,7	0,301	64
АОК2-71-8	10	715	43/24,8		165						64	2		16	1,25	12,7	0,35	36
АО2-71-8-Т	10	–	–		165						32	1		16	1,56	9,8	0,448	64
АО2-71-8-Х	10	–	–		165						32	1		16	1,56	9,75	0,447	64
АО2-71-8-60	13	–	–		165						48	2		12	1,45	13	0,195	64
А2-72-8	17	725	61,5/35,6	343/245	165	0,5	54	1–7	Двухслойная	2; 2; 2; 3; 2; ...	52	2	2	13	1,4	13,0	0,226	64
А2-72-8-60	17	–	–		165						44			11	1,56	13,7	0,154	64
АО2-72-8	17	725	60/35		205						44			11	1,50	13,9	0,186	64
АОП2-72-8	17	730	70/40,4		205						40			10	1,56	13,7	0,156	42
АОС2-72-8	18	700	68/39,3		205						44			11	1,50	13,9	0,186	64
АОТ2-72-8	13	730	47,5/27,4		205						48			12	1,50	15,2	0,203	64
АОК2-72-8	13	715	55,4/32		205						52			13	1,40	14,4	0,255	36
АО2-72-8-Т	13	–	–		205						52			12	1,25	10,6	0,292	64
АО2-72-8-Х	13	–	–		205						52			12	1,25	10,6	0,292	64
АО2-72-8-60	17	–	–		205						40			11	1,62	14,7	0,142	64

Таблица 8.9. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 8-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
А2-81-2	55	2900	177/102	393/211	140	1,0	36	1–12	Двухслойная	6	85	5	2	9 и 8	1,5	25,1	0,054	28
А2-81-2-60	55	–	–		140						70	5		7	1,62	24,1	0,0378	
АО2-81-2	40	2920	129/74,8		170						85	5		8 и 9	1,5	26,6	0,0569	
АО2-81-2-Т	30	2935	98,5/57		170						66	3		11	1,5	23,5	0,122	
АО2-81-2-Х	30	2935	98,5/57		170						66	3		11	1,5	22,5	0,122	
АО2-81-2-60	40	–	–		170						70	5		7	1,62	25,2	0,0496	
А2-82-2	75	2900	214/124	393/211	190	1,0	36	1–12	Двухслойная	6	78	6	2	6 и 7	1,56	27,4	0,0347	28
А2-82-2-60	75	–	–		190						77	7		5 и 6	1,56	27,4	0,0252	
АО2-82-2	55	2920	175/101		210						70	5		7	1,62	27,3	0,0432	
АО2-82-2-Т	40	2940	127/73		210						54	3		9	1,62	23,1	0,0920	
АО2-82-2-Х	40	2940	127/73		210						54	3		9	1,62	23,1	0,0920	
АО2-82-2-60	55	–	–		210						72	6		9	1,62	29,1	0,0309	
А2-81-4	40	1460	130/75	393/247	140	0,9	48	1–11	Двухслойная	4	68	2	4	17	1,56	24,1	0,0692	58
А2-81-4-60	40	–	–		140						64	2	4	16	1,56	23,3	0,0664	58
АО2-81-4	40	1460	125/72,7		190						60	2	4	15	1,62	25,7	0,0631	58
АОП2-81-4	40	1470	133/76,9		190						70	5	2	7	1,5	26,8	0,0566	38
АОС2-81-4	40	1400	135,5/78,4		160						78	3	4	13	1,4	26,0	0,0504	58
АОТ2-81-4	40	1440	139/80,4		190						64	2	4	16	1,56	25,7	0,0725	60
АОК2-81-4	30	1450	107/61		190						64	2	4	16	1,56	25,7	0,0725	60
АО2-81-4-Т	30	1470	95/55		190						54	3	2	9	1,5	22,4	0,119	58
АО2-81-4-Х	30	1470	95/55		190						54	3	2	9	1,5	22,4	0,119	58

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-81-4-60	40	–	–	393/247	190	0,9	48	1–11	Двухслойная	4	78	3	4	13	1,45	27,2	0,0466	58
А2-82-4	50	1460	176/1-2	393/247	190	0,9	48	1–11	Двухслойная	4	78	3	4	13	1,45	26,6	0,0456	58
А2-82-4-60	55	–	–		190						66	3		11	1,56	26,7	0,0840	58
АО2-82-4	55	1460	170/98		260						66	3		11	1,56	29,8	0,0380	58
АОП2-82-4	55	1470	183/105,8		245						80	4		10	1,45	32,4	0,0306	38
АОС2-82-4	47	1400	155/88,6		260						66	3		11	1,50	28,6	0,0419	58
АОТ2-82-4	55	1440	190/109,5		260						66	3		11	1,56	30,6	0,039	60
АОК2-82-4	40	1450	140/80,8		260						66	3		11	1,56	30,6	0,039	60
АО2-82-4-Т	40	1470	127/73		260						56	2		14	1,45	24,7	0,0860	58
АО2-82-4-Х	40	1470	127/73		260						56	2		14	1,45	24,7	0,0860	58
АО2-82-4-60	55	–	–		260						72	4		9	1,5	30,7	0,0257	58
А2-81-6	30	970	99,3/57,5	393/285	140	0,6	72	1–11	Двухслойная	4	50	1	6	25	1,5	20,7	0,123	82
А2-81-6-60	30	–	–		140						42	1	6	21	1,62	20,6	0,0897	82
АО2-81-6	30	980	95/55		190						42	3	2	7	1,62	23,0	0,101	82
АОП2-81-6	30	970	101/58,4		190						60	3	3	10	1,35	23,9	0,095	58
АОС2-81-6	33	930	114/66,5		190						60	3	3	10	1,35	23,9	0,0948	82
АОТ2-81-6	30	960	105,5/61		190						60	3	3	10	1,35	23,4	0,092	81
АОК2-81-6	22	965	77,6/43,8		190						42	3	2	7	1,62	23,0	0,10	81
АО2-81-6-Т	22	980	70/40,5		190						52	2	3	13	1,25	19,5	0,214	82
АО2-81-6-Х	22	980	70/40,5		190						52	2	3	13	1,25	19,5	0,214	82
АО2-81-6-60	30	–	–		190						48	3	3	8	1,5	22,8	0,0605	82
А2-82-6	40	970	130/75	393/285	190	0,6	72	1–11	Двухслойная	4	60	3	3	10	1,35	22,6	0,09	82
А2-82-6-60	40	–	–		190						48	3	3	8	1,5	22,9	0,0604	82

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-82-6	40	980	126/73	393/285	260	0,6	72	1–11	Двухслойная	4	48	3	3	8	1,5	26,4	0,0696	82
АОП2-82-6	40	970	134/77,3		260						60	2	6	15	1,4	29,8	0,0576	58
АОС2-82-6	40	930	136/78,5		260						90	3	6	15	1,35	27,8	0,0621	82
АОТ2-82-6	40	960	139/80,4		260						60	2	6	15	1,35	27,0	0,0605	84
АОК2-82-6	30	965	104,5/60,4		260						48	3	3	8	1,5	26,3	0,0695	84
АО2-82-6-Т	30	980	95/55		260						40	2	3	10	1,45	23,4	0,142	82
АО2-82-6-Х	30	980	70/40,5		260						40	2	3	10	1,45	23,4	0,142	82
АО2-82-6-60	40	–	–		260						42	3	3	7	1,62	27,2	0,053	82
А2-81-8	22	725	79,3/45,8	393/285	140	0,6	72	1–8	Двухслойная	3	42	1	4	21	1,62	18,0	0,177	82
А2-81-8-60	22	–	–		140						68	2	4	17	1,25	18,1	0,126	82
АО2-81-8	22	730	76/44		190						54	3	2	9	1,4	20,0	0,157	82
АОП2-81-8	22	735	79,2/45,8		190						68	2	4	17	1,25	21,9	0,128	58
АОС2-81-8	27,5	700	103,5/60		190						64	2	4	16	1,35	22,2	0,1116	82
АОТ2-81-8	22	720	83,6/48,4		190						54	3	2	9	1,40	20,3	0,157	84
АОК2-81-8	17	725	71,5/41,3		190						54	3	2	9	1,40	20,3	0,157	84
АО2-81-8-Т	17	735	58,2/34		190						40	2	2	10	1,45	18,3	0,248	82
АО2-81-8-Х	17	735	58,2/34		190						40	2	2	10	1,45	18,3	0,248	82
АО2-81-8-60	22	–	–		190						48	3	2	8	1,45	19,2	0,1031	82
А2-82-8	30	725	104/60,2	383/285	190	0,6	72	1–8	Двухслойная	3	48	3	2	8	1,56	22,0	0,112	82
А2-82-8-60	30	–	–		190						42	3	2	7	1,62	21,0	0,092	82
АО2-82-8	30	730	99/57		260						42	3	2	7	1,62	24,7	0,107	82
АОП2-82-8	30	735	106/61,2		260						78	3	4	13	1,2	25,5	0,0907	58
АОС2-82-8	33	700	123/71,3		260						48	2	4	12	1,56	26,4	0,0744	82

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$п_{к1}$	$п_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АОТ2-82-8	30	720	114/65,8	383/285	260	0,6	72	1–8	Двухслойная	3	52	2	4	13	1,45	25,0	0,0935	84
АОК2-82-8	22	725	92/53		260						42	3	2	7	1,62	25,2	0,108	84
АО2-82-8-Т	22	735	74,5/43		260						32	2	2	8	1,62	21,6	0,187	82
АО2-82-8-Х	22	735	74,5/43		260						32	2	2	8	1,62	21,6	0,187	82
АО2-82-8-60	30	–	–		260						48	4	2	6	1,5	24,4	0,0816	82
А2-81-10-60	17	–	–	393/285	140	0,5	60	1–6	Двухслойная	2	66	3	2	11	1,35	16,1	0,145	74
АО2-81-10	17	580	65/38		190						66	3		11	1,35	17,6	0,160	74
АОП2-81-10	17	585	70,5/40,7		190						60	3		10	1,45	18,5	0,125	46
АОС2-81-10	19,8	550	89,3/51,8		190						54	3		9	1,56	19,0	0,0975	74
АОК2-81-10	13	570	54,5/31,4		190						48	2		12	1,62	18,3	0,180	75
АО2-81-10-Т	13	585	52/30		190						48	2		12	1,4	17,0	0,256	74
АО2-81-10-Х	13	585	52/30		190						48	2		12	1,4	17,0	0,256	74
АО2-81-10-60	17	–	–		190						54	3		9	1,5	18,8	0,112	74
А2-82-10-60	22	–	–	393/285	190	0,5	60	1–6	Двухслойная	2	51	3	2	8 и 9	1,56	19,1	0,0972	74
АО2-82-10	22	–	–		245						92	2	5	23	1,16	21,0	0,125	74
АОП2-82-10	22	585	92,4/53,4		245						64	4	2	8	1,4	21,4	0,0815	46
АОС2-82-10	24,5	550	102/59		245						56	4	2	7	1,5	21,3	0,071	74
АОК2-82-10	17	570	69,7/40,1		245						60	3	2	10	1,45	21,3	0,145	75
АО2-82-10-Т	17	585	68/39		245						40	2	2	10	1,62	21,4	0,174	74
АО2-82-10-Х	17	585	68/39		245						40	2	2	10	1,62	21,4	0,174	74
АО2-82-10-60	22	–	–		245						70	2	5	17 и 18	1,35	22,6	0,074	74

Таблица 8.10. Обмоточные данные электродвигателей единой серии А2 и АО2 и их модификаций 9-го габарита на напряжение 220/380 В

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
А2-91-2	100	2920	311/180	458/247	170	1,2	48	1–16	Двухслойная	8	81	9	2	4 и 5	1,62	43,0	0,0209	40
А2-91-2-60	100	–	–		170						80	4		10	1,62	42,5	0,0167	
АО2-91-2	75	2940	220/127		215						80	5		8	1,62	45,7	0,0282	
АО2-91-2-Т	55	2955	172/95,5		215						60	5		6	1,62	37,5	0,054	
АО2-91-2-Х	55	2955	172/95,5		215						60	5		6	1,62	37,5	0,05	
АО2-91-2-60	75	–	–		215						80	4		10	1,62	45,7	0,018	
А2-92-2	125	2920	387/224	458/247	215	1,2	48	1–16	Двухслойная	8	77	11	2	3 и 4	1,62	44,0	0,0144	40
А2-92-2-60	125	–	–		215						78	3		13	1,62	44,7	0,0104	
АО2-92-2	100	2940	312/108		270						80	4		10	1,62	49,5	0,0195	
АО2-92-2-Т	75	2955	232/134		270						63	7		4 и 5	1,56	39,5	0,034	
АО2-92-2-Х	75	2955	–		250						63	7		4 и 5	1,56	39,5	0,034	
АО2-92-2-60	100	–	–		270						78	3		13	1,62	48,4	0,0113	
А2-91-4	75	1470	237/137	458/290	170	1,0	60	1–13	Двухслойная	5	80	4	4	10	1,5	38,5	0,032	70
А2-91-4-60	75	–	–		170						72	4		9	1,56	37,9	0,0272	70
АО2-91-4	75	1470	232/134		240						72	4		9	1,62	45,7	0,0282	70
АОП2-91-4	75	1480	246,5/142,5		240						80	5		8	1,5	44,2	0,0234	50
АОС2-91-4	58	1400	182,5/105,6		240						72	4		9	1,62	48,2	0,0283	70
АОТ2-91-4	75	1450	256/148		170						80	4		10	1,5	39,0	0,0326	72
АОК2-91-4	55	1455	193/118		240						72	4		9	1,62	47,2	0,0281	72

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_I, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_I	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-91-4-Т	55	1475	169/97,5	458/290	240	1,0	60	1–13	Двухслойная	5	66	3	4	11	1,45	37,8	0,0581	70
АО2-91-4-Х	55	–	–		240						66	3		11	1,45	37,8	0,0581	70
АО2-91-4-60	75	–	–		240						80	5		8	1,5	44,2	0,0236	70
А2-92-4	100	1470	313/181	458/290	215	1,0	60	1–13	Двухслойная	5	80	5	4	8	1,56	44,6	0,0209	70
А2-92-4-60	100	–	–		215						70	5		7	1,62	43,0	0,017	70
АО2-92-4	100	1470	306/177		330						70	5		7	1,62	51,4	0,0203	70
АОП2-92-4	100	1480	329/190		330						72	6		6	1,62	53,6	0,0142	50
АОС2-92-4	76,8	1400	242/198		330						70	5		7	1,62	53,4	0,0204	70
АОТ2-92-4	100	1450	342/198		215						80	5		8	1,56	46,3	0,021	72
АОК2-92-4	75	1455	252/149		330						70	5		7	1,62	57,6	0,0204	72
АО2-92-4-Т	75	1475	228/132		330						64	4		8	1,5	45,0	0,0341	70
АО2-92-4-Х	75	–	–		330						64	4		8	1,5	45,0	0,0341	70
АО2-92-4-60	100	–	–		330						72	6		6	1,62	53,5	0,0146	70
А2-91-6	55	980	176/102	458/334	170	0,7	72	1–11	Двухслойная	4	68	2	6	17	1,4	31,5	0,0618	86
А2-91-6-60	55	–	–		170						60	2	6	15	1,5	30,0	0,0446	86
АО2-91-6	55	985	169/98		240						56	4	3	7	1,5	34,3	0,0508	86
АОП2-91-6	55	980	183/105,8		240						56	4	3	7	1,5	33,2	0,049	58
АОС2-91-6	49,5	930	161/93,3		240						56	4	3	7	1,5	34,5	0,0482	86
АОТ2-91-6	55	960	189/109		170						68	2	6	17	1,4	31,1	0,059	81
АОК2-91-6	40	965	138,5/80		240						56	4	3	7	1,5	38,2	0,051	81
АО2-91-6-Т	40	980	123/71,5		240						54	3	3	9	1,35	28,3	0,102	86

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-91-6-Х	40	980	123/71,5	458/334	240	0,7	72	1–11	Двухслойная	4	54	3	3	9	1,35	29,3	0,102	86
АО2-91-6-60	55	–	–		240						48	4	3	6	1,62	32,2	0,0352	86
А2-92-6	75	980	238/138	458/334	240	0,7	72	1–11	Двухслойная	4	60	5	3	6	1,5	36,7	0,0348	86
А2-92-6-60	75	–	–		240						50	5	3	5	1,62	33,7	0,0234	86
АО2-92-6	75	985	230/133		330						63	3	6	11 и 10	1,5	44,8	0,0296	86
АОП2-92-6	75	980	248/143,2		330						60	6	3	5	1,45	38,7	0,0294	58
АОС2-92-6	67,7	930	219/127		330						60	6	3	5	1,45	39,6	0,029	86
АОТ2-92-6	75	960	253/146		240						60	5	3	6	1,5	37,0	0,035	81
АОК2-92-6	55	965	190,6/110		330						63	3	6	11 и 10	1,5	45,5	0,0298	81
АО2-92-6-Т	55	980	169/98		330						42	3	3	7	1,56	33,8	0,070	86
АО2-92-6-Х	55	980	169/98		330						42	3	3	7	1,56	33,8	0,070	86
АО2-92-6-60	75	–	–		330						54	3	6	9	1,56	39,7	0,0244	86
А2-91-8	40	730	137/79,3	458/334	170	0,7	72	1–8	Двухслойная	3	56	2	4	14	1,56	25,9	0,074	86
А2-91-8-60	40	–	–		170						48	2		12	1,62	23,9	0,059	86
АО2-91-8	40	740	130/75		240						48	2		12	1,62	28,4	0,0698	86
АОП2-91-8	40	740	141/81,5		240						66	3		11	1,40	29,9	0,057	58
АОС2-91-8	42	700	147,5/85,3		240						66	3		11	1,40	30,5	0,0565	86
АОТ2-91-8	40	720	148/85,7		170						60	2		15	1,50	26,6	0,086	84
АОК2-91-8	30	725	121/70		240						48	2		12	1,62	29,5	0,070	84
АО2-91-8-Т	30	735	100/58		240						56	2		14	1,30	26,2	0,126	86

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{з1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
АО2-91-8-Х	30	735	100/58	458/334	240	0,7	72	1–8	Двухслойная	3	56	2	4	14	1,30	26,2	0,126	86
АО2-91-8-60	40	–	–		240						60	3		10	1,45	28,4	0,0485	86
А2-92-8	55	730	180/104	458/334	240	0,7	72	1–8	Двухслойная	3	66	3	4	11	1,4	29,2	0,057	86
А2-92-8-60	55	–	–		240						54	3		9	1,56	29,5	0,0378	86
АО2-92-8	55	740	173/100		330						54	3		9	1,56	35,6	0,0453	86
АОП2-92-8	55	740	194/112		330						64	4		8	1,45	37,2	0,035	58
АОС2-92-8	57,8	700	201/116,5		330						64	4		8	1,45	37,9	0,0348	86
АОТ2-92-8	55	725	198,8/114,8		265						60	3		10	1,45	31,4	0,051	84
АОК2-92-8	40	730	161/92,5		330						54	3		9	1,56	36,4	0,0454	84
АО2-92-8-Т	40	735	100/58		330						44	2		11	1,5	35,3	0,090	86
АО2-92-8-Х	40	735	129/75		330						44	2		11	1,5	35,3	0,090	86
АО2-92-8-60	55	–	–		330						64	4		8	1,5	39,0	0,0326	86
А2-91-10-60	30	–	–	458/334	170	0,6	60	1–6	Двухслойная	2	60	4	2	7 и 8	1,5	20,6	0,0693	74
АО2-91-10	30	585	100/61		270						64	4		8	1,45	25,9	0,099	74
АОП2-91-10	30	590	123/70,7		215						56	4		7	1,56	23,7	0,0657	46
АОС2-91-10	31,6	555	130/75,5		215						56	4		7	1,56	25,8	0,065	74
АОК2-91-10	22	570	90/52		215						54	3		9	1,56	22,0	0,113	75
АО2-91-10-Т	22	590	79/48		215						54	3		9	1,4	21,4	0,143	74
АО2-91-10-Х	22	590	83/48		215						54	3		9	1,4	21,4	0,143	74
АО2-91-10-60	30	–	–		215						60	4		7 и 8	1,5	20,0	0,067	74

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Статор														Ротор
				Dc/dc, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_I	Тип обмотки	$n_{к1}$	$n_{э1}$	m_I	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G1	r1	z2
А2-92-10-60	40	–	–	458/334	215	0,6	60	1–6	Двухслойная	2	60	5	2	6	1,5	23,2	0,0497	74
АО2-92-10	40	585	140/85		330						60	5	2	6	1,5	29,4	0,0626	74
АОП2-92-10	40	590	162/93,6		270						70	2	5	14	1,56	26,7	0,0472	46
АОС2-92-10	37,9	555	150/86,5		270						56	2	5	14	1,56	27,9	0,0466	74
АОК2-92-10	30	570	121,7/70,4		270						56	4	2	7	1,56	25,9	0,074	75
АО2-92-10-Т	30	590	113/65,5		270						42	3	2	7	1,62	25,1	0,0936	74
АО2-92-10-Х	30	590	89,5/45,5		270						42	3	2	7	1,62	25,1	0,0936	74
АО2-92-10-60	40	–	–		270						50	5	2	5	1,62	25,4	0,04	74

Примечания

1. В таблицу включены электродвигатели основного исполнения и его модификации: АОП2 с повышенным пусковым моментом, АОТ2 с повышенными энергетическими показателями для текстильной промышленности, АОС2 с повышенным скольжением, АОК2 с фазным ротором; а также специальных исполнений: тропического АО2-72-4Т, химостойкого АО2-81-8-Х, малошумного АО2-22-4-Ш и для частоты 60 Гц А2-82-8-60.

2. Обмоточные данные электродвигателей влагоморозостойкого исполнения 1—5-го и 8, 9-го габаритов, а также тропического исполнения 1—5-го габаритов, которые в таблице не приведены, такие же, как и у соответствующих им электродвигателей основного исполнения АО2. Обмоточные данные электродвигателей 6-го и 7-го габаритов влагоморозостойкого исполнения такие же, как и у соответствующих им электродвигателей 6-го и 7-го габаритов в тропическом исполнении.

3. Обмоточные данные электродвигателей приведены для номинальных напряжений 220/380 В, а для тропического исполнения 230/400 В при соединении фаз обмотки статора Δ/Y. Для других номинальных напряжений число эффективных проводников в пазу следует при необходимости пересчитать прямо пропорционально напряжению, а поперечное сечение проводника — обратно пропорционально напряжению. Схема соединения обмотки при этом не изменяется.

4. Обмотки статоров электродвигателей влагоморозостойкого и тропического исполнений 6—9-го габаритов выполняют проводом марки ПСД, обмотки статоров электродвигателей химостойкого исполнения 1—9-го габаритов — проводом марки ПСДТ, обмотки статоров электродвигателей всех остальных габаритов и исполнений — проводом марки ПЭТВ.

5. Пазовая изоляция обмоток электродвигателей АОЛ2 1—3-го габаритов, АО2 1—5-го габаритов и А2 6—9-го габаритов имеет класс Е, а электродвигателей АО2 6—9-го габаритов — изоляция повышенной нагревостойкости.

8.2. Обмоточные данные фазных роторов электродвигателей серий АОК2 и АК2 4—9-го габаритов

Тип электро-двигателя	P, кВт	Ротор фазный											
		Z_2	Y_2	Тип обмотки	$n_{к2}$	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_{к2}$	Средняя длина витка, мм	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
АОК2-41-4	3	24	1–7	Двухслойная	2	52	2	–	13	500	∅ 1,3	3,9	0,343
АОК2-42-4	4									580		4,45	
АОК2-41-6	2,2	27	1–5		1; 2; ...	44	2	–	11	436	∅ 1,3	3,15	0,298
АОК2-42-6	3									516		3,85	0,387
АОК2-51-4	5,5	48	1–11		4	12	2	–	3	610	1,35 ×3,05	6,45	0,0655
АОК2-52-4	7,5									680		7,2	0,0732
АОК2-51-6	4	45	1–7		2; 3; ...	10	1	–	5	560	1,68×4,4	8,35	0,103
АОК2-52-6	5,5									670		10	0,123
АОК2-51-8	3	48	1–6		2	12	2	–	3	510	1,35×3,8	6,75	0,0476
АОК2-52-8	4									620		8,25	0,053
АОК2-61-4	10	48	1–11		4	6	1	–	3	682	2,1×3,8	7,3	0,078
АОК2-62-4	13									742		7,9	0,085
АОК2-61-6	7,5	36	1–6		2	10	1	–	5	676	2,1×4,7	12,2	0,076
АОК2-62-6	10									756		13,5	0,085
АОК2-61-8	5,5	36	1–5		1; 2; ...	10	1	–	5	622	2,1×4,7	11,3	0,071
АОК2-62-8	7,5									702		12,6	0,080

Тип электродвигателя	P, кВт	Ротор фазный											
		Z_2	Y_2	Тип обмотки	$n_{к2}$	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_{к2}$	Средняя длина витка, мм	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
АОК2-71-4	17	24	1–6	Двухслойная	2	24	2	–	6	810	1,81×3,28	11,9	0,0607
АОК2-72-4	22									890		13,1	0,066
АОК2-71-6	13	36	1–6		2	10	1	–	5	765	2,44×6,4	18,5	0,0543
АОК2-72-6	17									845		20,4	0,060
АОК2-71-8	10	36	1–5		1; 2; ...	10	1	–	5	727	2,44×6,4	17,6	0,0517
АОК2-72-8	13									807		19,5	0,0572
АОК2-81-4	30	60	1–16		5	2	1	–	2	976	2,63×15,6	21,1	0,00865
АОК2-82-4	40									1016		24,1	0,00895
АОК2-81-6	22	81	1–15 и 1–14		3; 4; ...	2	1	–	2	918	2,63×15,6	26,8	0,011
АОК2-82-6	30									1058		30,9	0,0125
АОК2-81-8	17	84	1–12 и 1–11		3; 4; ...	2	1	–	2	882	2,63×15,6	26,7	0,0109
АОК2-82-8	22									1022		30,9	0,0126
АОК2-81-10	13	75	1–7		2; 3; ...	24	4	–	3	780	2,63×1,16	17,9	0,091
АОК2-82-10	17									890		19,7	0,104
АОК2-91-4	55	72	1–19	Однослойная	6	2	1	–	2	1230	2,63×15,6	31,8	0,0129
АОК2-92-4	75									1410		36,4	0,0148
АОК2-91-6	40	81	1–15 и 1–14		4; 5; ...	2	1	–	2	1140	2,63x15,6	33,3	0,0135
АОК2-92-6	55									1366		39,8	0,0162
АОК2 91-8	30	84	1–12 и 1–11		3; 4; ...	2	1	–	2	1055	2,63×15,6	32,0	0,0130

Тип электродвигателя	P, кВт	Ротор фазный										
		Z_2	Y_2	Тип обмотки	$n_{к2}$	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_{к2}$	Средняя длина витка, мм	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
АОК2-92-8	40	84	1–12 и 1–11	Однослойная	3; 4; …	2	1	–	2	1235	2,63×15,6	37,3	0,0153
АОК2-91-10	22	75	1–7	Двухслойная	2; 3; …	24	6	–	2	876	2,83×1,25	22,4	0,0407
АОК2-92-10	30									985		25,3	0,0448
АК2-81-4	40	60	1–16		5	2	1	–	2	976	2,63×15,6	21,1	0,00865
АК2-82-4	55									1016		24,1	0,00895
АК2-81-6	30	81	1–15 и 1–14		4; 5; …	2	1	–	2	918	2,63×15,6	26,8	0,0109
АК2-82-6	40									1058		30,9	0,0126
АК2-81-8	22	84	1–12 и 1–11		3; 4; …	2	1	–	2	882	2,60x15,6	26,7	0,0109
АК2-82-8	30									1022		30,9	0,0126
АК2-91-4	75	72	1–19		6	2	1	–	2	1090	2,63×15,6	28,2	0,0115
АК2-92-4	100									1180		30,5	0,0124
АК2-91-6	55	81	115 и 1–14		4; 5; …	2	1	–	2	1000	2,63×15,6	29,2	0,0119
АК2-92-6	75									1140		33,2	0,0135
АК2-91-8	40	84	1–12 и 1–11		3; 4; …	2	1	–	2	915	2,63×15,6	27,7	0,0113
АК2-92-8	55									1105		33,4	0,0136

Примечания.

1. Фазные роторы электродвигателей АОК2 4-го габарита выполняются проводом марки ПЭТВ, АОК2 5-го габарита — проводом марки ПЭТВП, АОК2 6-го и 7-го габаритов — проводом марки ПСД, АК2 и АОК2 8-го и 9-го габаритов — голыми медными шинами, изолированными стеклолентой.

2. Обмотки фазного ротора электродвигателей соединяют Y.

8.3. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А

Таблица 8.11. Обмоточные данные электродвигателей серий 4А50, 4А56 и 4А63

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	y_1	a_1	$w_ф$	r_1, Ом	G_1, кг	Ротор z_2
4АА50А2	90	2720	127/220	0,94/0,54	81/41	42	0,25	12	Однослойная	0,35	260	6	1	520	28,2	0,426	9
			220/380	0,54/0,31						0,27	450			900	92,3	0,440	
4АА50В2	120		127/220	1,09/0,63						0,41	228			456	19,1	0,542	
			220/380	0,63/0,46						0,31	394			788	57,8	0,534	
4АА50А4	60	1330	127/220	0,32/0,53	81/46	42	0,25	24		0,33	367	3	1	734	35,2	0,542	15
			220/380	0,53/0,31						0,27	635			1270	91,0	0,534	
4АА50В4	90	1320	127/220	1,38/0,80						0,38	289			578	22,7	0,419	
			220/380	0,8/0,46						0,31	500			1000	59,1	0,485	
4АА56А2У3 4ААВ56А2У3 4АА56А2ПУ3	180	2760	127/220	1,63/0,95	89/48	47	0,25	24	Однослойная катушечная (вразвалку)	0,41	93	10	1	372	14,7	0,42	18
			220/380	0,95/0,55						0,29	166			664	52,4	0,38	
4АА56А2У3 4ААВ56А2У3 4АА56А2ПУ3	250		127/220	2,18/1,26		56				0,44	82			328	12,0	0,45	
			220/380	1,26/0,73						0,33	143			572	37,0	0,44	
4АА56А4У3 4ААВ56А4У3 4АА56А4ПУ3	120	1380	127/220	1,31/0,76	89/55	47	0,25	24	Однослойная катушечная (концентрическая)	0,41	133	6	1	532	17,6	0,50	18
			220/380	0,76/0,44						0,29	254			1016	67,2	0,48	
4АА56А4У3 4ААВ56А4У3 4АА56А4ПУ3	180	1370	127/220	2,0/1,16		56				0,44	117			468	14,4	0,55	
			220/380	1,16/0,67						0,33	203			812	44,6	0,63	
4АА63А2У3 4ААВ63А2У3 4АА63А2ПУ3	370	2740	127/220	2,8/1,62	100/54	56	0,3	24	Однослойная катушечная (вразвалку)	0,51	73	10	1	292	8,41	0,58	18
			220/380	1,62/0,937						0,38	126			504	26,20	0,55	

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	y_1	a_1	$w_ф$	r_1, Ом	G_1, кг	Ротор: z_2
4АА63А2У3 4ААВ63А2У3 4АА63А2ПУ3	550	2730	127/220	3,98/2,3	100/54	65	0,3	24	Однослойная катушечная (вразвалку)	0,57	58	10	1	232	5,62	0,60	18
			220/380	2,3/1,33						0,44	101			404	16,70	0,62	
4АА63А4У3 4ААВ63А4У3 4АА63А4ПУ3	250	1370	127/220	2,57/1,49	100/61	56	0,25	24	Однослойная катушечная (концентрическая)	0,49	98	6	1	392	10,1	0,59	18
			220/380	1,49/0,86						0,38	169			676	29	0,61	
4АА63А4У3 4ААВ63А4У3 4АА63А4ПУ3	370	1360	127/220	3,6/2,08		65				0,53	79			316	7,4	0,59	
			220/380	2,08/1,2						0,41	137			548	21,4	0,61	
4АА63А6У3 4ААВ63А6У3 4АА63А6ПУ3	180	900	127/220	3,12/1,37	100/65	56	0,25	36		0,44	98	6	1	588	16,8	0,64	28
			220/380	1,37/0,79						0,33	170			1020	51,9	0,62	
4АА63А6У3 4ААВ63А6У3 4АА63А6ПУ3	250		127/220	3,12/1,8		75				0,53	76			456	10,5	0,83	
			220/380	1,8/1,04						0,41	131			786	30	0,85	

Примечания.

1. Обмоточные данные приведены для частоты 50 Гц.
2. Соединение фаз обмотки статора Δ/Y.
3. Марка провода обмотки статора ПЭТВ.
4. Режим работы продолжительный.

Таблица 8.12. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А71

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А, при U = 380 В	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	$S_п$	y_1	a_1	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор: z_2
4А71А2	0,75	2840	220/380	1,7	116/65	65	0,35	24	89	1–12; 2–11	1	0,53	0,91	12	20
			380/660						154		1	0,41	0,93	35	
			500						117		1	0,47	–	–	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, $мин^{-1}$	U_1	I_1, A, при U = 380 В	Статор										Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	$S_п$	y_1	a_1	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4A71B2	1,1	2810	220/380	2,5	116/65	74	0,35	24	73	1–12; 2–11	1	0,59	0,96	8,35	20
			380/660						126		1	0,44	0,92	25,9	
			500						96		1	0,51	–	–	
4A71A4	0,55	1390	220/380	1,7	116/65	65	0,25	24	113	1–8; 2–7	1	0,53	0,92	12,2	18
			380/660						192		1	0,41	0,93	35,0	
			500						149		1	0,47	–	–	
4A71B4	0,75	1390	220/380	2,17	116/65	74	0,25	24	95	1–8; 2–7	1	0,57	0,94	9,45	18
			380/660						164		1	0,44	0,97	27,3	
			500						125		1	0,49	–	–	
4A71A6	0,37	910	220/380	2,17	116/76	65	0,25	36	114	1–8; 2–7	1	0,47	0,97	21,2	18
			380/660						–		–	–	–	–	
			500						150		1	0,38	–	–	
4A71B6	0,55	900	220/380	1,26	116/76	90	0,25	36	85	1–8; 2–7	1	0,53	1,08	14,45	28
			380/660						147		1	0,41	1,11	41,8	
			500						112		1	0,47	–	–	
4A71B6	0,25	680	220/380	1,05	116/76	74	0,25	36	148	1–6; 2–4* и 1–6**	1	0,41	0,95	35,6	28
			380/660						–		–	–	–	–	
			500						195		1	0,35	–	–	

Примечания.

* Для катушечной группы из двух катушек.

** Для катушечной группы из одной катушки.

1. Соединение фаз статора при напряжении 220/380 и 380/660 В Δ/Y, при напряжении 500 В — Y.
2. Марка провода обмотки статора ПЭТВ-939.
3. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,2 мм.

Таблица 8.13. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А80

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, $мин^{-1}$	Соедине-ние фаз	U_1	I_1, А	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип об-мотки	y_1	Диаметр провода, мм	$S_п$	m_1	a_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	Ротор: z_2
4А80А2 4АХ80А2 4АА80А2	1,5	2850	Δ/Y	220/380	5,7/3,3	131/74	78	0,35	24	Одно-слойная	1–12; 2–11	0,8	61	1	1	244	4,1	1,59	20
				380/660	3,3/1,4							0,59	106			424	13,1	1,51	
4А80В2 4АХ80В2 4АА80В2	2,2	2850	Δ/Y	220/380	–	131/74	98	0,35	24	Одно-слойная	1–12; 2–11	0,93	48	1	1	192	2,6	1,82	20
				380/660	–							0,64	83			332	8,14	1,74	
4А80А4 4АХ80А4 4АА80А4	1,1	1400	Δ/Y	220/380	4,9/2,8	131/84	78	0,25	36	Одно-слойная	1–12; 2–11; 3–10	0,67	60	1	1	360	1,15	1,36	28
				380/660	2,8/1,6							0,51	102			612	2,1	1,35	
4А80В4 4АХ80В4 4АА80В4	1,5	1400	Δ/Y	220/380	6,2/3,6	131/84	98	0,25	36	Одно-слойная	1–12; 2–11; 3–10	0,74	49	1	1	294	5,3	1,49	28
				380/660	3,6/2,1							0,55	85			510	16,5	1,44	
4А80А6 4АХ80А6 4АА80А6	0,75	920	Δ/Y	220/380	4/2,3	131/88	78	0,25	36	Одно-слойная	1–8; 2–7	0,59	82	1	1	492	10,8	1,24	28
				380/660	2,3/1,35							0,44	142			852	33,6	1,19	
4А80В6 4АХ80В6 4АА80В6	1,1	920	Δ/Y	220/380	5,3/3	131/88	115	0,25	36	Одно-слойная	1–8; 2–7	0,72	58	1	1	348	6,25	1,58	28
				380/660	3/1,75							0,53	101			606	20	1,51	
4А80А8 4АХ80А8 4АА80А8	0,37	675	Δ/Y	220/380	2,5/1,45	131/88	78	0,25	36	Одно-слойная	1–6; 2–5	0,49	121	1	1	726	21,4	1,16	28
				380/660	1,45/0,85							0,38	200			1200	48,8	1,16	
4А80В8 4АХ80В8 4АА80В8	0,55	675	Δ/Y	220/380	3,5/2	131/88	98	0,25	36	Одно-слойная	1–6; 2–5	0,57	91	1	1	545	13,7	1,33	28
				380/660	2/1,15							0,44	153			818	37,7	1,34	

Примечания.

1. Обмоточные данные приведены для частоты 50 Гц.
2. Марка провода обмотки статора ПЭВТВ.
3. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,2 мм.

Таблица 8.14. Обмоточные данные электродеигателей серии 4А90

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	Соединение фаз	I_1, А	Статор								
						Тип обмотки	y_1	$S_п$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4А90L2, Р3, АВ, Б, УII	3	2840	220/380	Δ/Y	10,53/6,1	Однослойная	1–12; 2–11	44	1,08	1	176	1,96	2,51	0,4
			380/660		6,1/3,51			76	0,8		304	6,2	2,39	
			220	Y	10,53			26	1,0	2	104	0,68	2,54	
			400		5,79			46	1,04	1	184	2,21	2,44	
			500		4,63			58	0,96		232	3,27	2,6	
4А90L4, Р3, Н, Б, УII	2,2	1425	220/380	Δ/Y	8,67/5,02	Однослойная	1–12; 2–11; 3–10	40	0,9	1	240	3,1	1,92	0,4
			380/660		5,02/2,89			69	0,67		414	9,7	1,84	
			220	Y	8,67			23	1,16		138	1,07	1,87	
			400		4,77			42	0,86		252	3,58	1,84	
			500		3,82			53	0,77		318	5,62	1,87	
4А90L6, Р3, Н, Б, УП	1,5	935	220/380	Δ/Y	7,08/4,1	Однослойная	1–8; 2–7	51	0,83	1	306	4,37	1,95	0,25
			380/660		4,1/2,36			88	0,62		528	13,5	1,89	
			220	Y	7,08			30	1,08		180	1,51	1,94	
			400		3,89			54	0,8		324	4,97	1,93	
			500		3,11			67	0,72		402	7,6	1,92	
4А90LА8, Р3, АВ, Н, Б, УП	0,75	700	220/380	Δ/Y	4,66/2,7	Однослойная	1–6; 2–5	74	0,67	1	444	8,3	1,58	0,25
			380/660		2,7/1,55			128	0,51		768	24,9	1,6	
			220	Y	4,66			43	0,9		258	2,68	1,66	
			400		2,56			78	0,64		468	9,6	1,53	
			500		2,05			97	0,59		582	14,1	1,62	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	Соединение фаз	I_1, А	Статор								
						Тип обмотки	y_1	$S_п$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4A90LB8, AB, H, Б, УП, Р3	1,1	700	220/380	Δ/Y	6,04/3,5	Однослойная	1–6; 2–5	58	0,77	1	348	5,75	1,91	0,25
			380/660		3,5/2,01			101	0,57		606	18,1	1,83	
			220	Y	6,04			34	1,0		204	2,0	1,87	
			400		3,32			61	0,74		366	6,53	1,85	
			500		2,66			76	0,67		456	10,0	1,9	
4AC90L2, Б, ABC	3,5	2,775	220/380	Δ/Y	13,3/7,7	Однослойная	1–12; 2–11	41	1,12	1	164	1,7	2,5	0,4
			380/660		7,7/4,43			71	0,83		284	5,25	2,4	
			220	Y	13,3			24	1,04	2	96	0,58	2,55	
			400		7,31			43	1,08	1	172	1,9	2,45	
			500		5,85			54	0,96		216	3,05	2,42	
4AC90L4, Б, ABC	2,4	1360	220/380	Δ/Y	10,2/5,9	Однослойная	1–12; 2–11; 3–10	40	0,9	1	240	3,1	1,92	0,4
			380/660		5,9/3,4			69	0,67		414	9,7	1,84	
			220	Y	10,2			23	1.16		138	1,07	1,87	
			400		5,6			42	0,86		252	3,58	1,87	
			500		4,5			53	0,77		318	5,62	1,93	
4AC90L6, Б, ABC	1,7	900	220/380	Δ/Y	8,6/5	Однослойная	1–8; 2–7	47	0,86	1	282	3,74	1,88	0,4
			380/660		5,0/2,8			82	0,64		492	11,8	1,88	
			220	Y	8,6			27	1,12		162	1,25	1,92	
			400		4,7			50	0,83		300	4,27	1,9	
			500		3,8			62	0,74		372	6,68		

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	Соединение фаз	I_1, А	Статор								
						Тип обмотки	y_1	$S_п$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4АС90LA8, Б, АВС	0,9	660	220/380	Δ/Y	5,87/3,4	Однослойная	1–6; 2–5	70	0,69	1	420	7,42	1,59	0,25
			380/660		3,4/1,95			122	0,51		732	23,7	1,53	
			220	Y	7,6			40	0,93		240	2,34	1,64	
			400		4,18			74	0,67		444	8,3	1,58	
			500		3,34			92	0,59		552	13,4	1,53	
4АС90LB8, Б, АВС	1,2	660	220/380	Δ/Y	7,6/4,4	Однослойная	1–6; 2–5	54	0,8	1	324	4,95	1,91	0,25
			380/660		4,4/2,53			94	0,59		564	15,9	1,82	
			220	Y	7,6			31	1,04		186	1,68	1,85	
			400		4,18			57	0,77		342	5,63	1,87	
			500		3,34			71	0,69		426	8,16	1,87	

Примечание. Марка обмоточного провода ПЭТ-155 или ПЭТВ-939.

Таблица 8.15. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А100

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор							
					y_1	$n_{э1}$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4А100L2К	5,5	2880	220/380	18,36/10,5	1–12; 2–11	44	1,25	1	176	1,54	3,54	0,45
			380/660	10,5/6,05		76	0,96		304	4,53	3,62	
			500	7,98		58	1,08		232	2,72	3,5	
4А100LA4К	4	1430	220/380	14,85/8,6	1–12; 2–11; 3–10	35	1,12	1	210	1,9	2,81	0,3
			380/660	8,6/4,95		60	0,86		360	5,53	2,85	
			500	6,53		46	1,0		276	3,14	2,95	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор							
					y_1	$n_{э1}$	Диаметр провода, мм	m_I	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4A100LB4K	4	1430	220/380	–	1–12; 2–11; 3–10	35	0,93	1	210	1,9	2,55	0,3
			380/660			60	0,69		360	5,53	2,44	
			500			46	0,8		276	3,14	2,5	
4A100L6K	2,2	950	220/380	9,75/5,65	1–8; 2–7	56	0,74	1	336	3,63	2,28	0,3
			380/660	5,65/3,25		97	0,55		582	11,4	2,2	
			500	4,29		74	0,64		444	6,45	2,25	
4A100LA8K	1,5	700	220/380	8,11/4,7	1–6; 2–5	86	0,74	1	516	8,06	2,28	0,3
			380/660	4,7/2,7		150	0,55		900	25,4	2,2	
			500	3,57		113	0,64		678	14,2	2,25	
4A100LB8K	1,7	700	220/380	–	1–6; 2–5	65	0,86	1	390	5,0	2,56	0,3
			380/660			113	0,64		678	15,6	2,49	
			500			85	0,74		510	8,8	2,49	
4A100L2, Р3, АВ, 112К, Е, Б	4	2880	220/380	13,47/7,8	1–12; 2–11	38	0,96	2	152	1,19	3,76	0,45
			380/660	7,8/4,4		66	1,0	1	264	3,81	3,58	
			500	5,92		50	1,16	1	200	2,14	3,64	
4A100L2, Р3, АВ, Е, Б	5,5	2880	220/380	–	1–12; 2–11	30	1,08	2	120	0,81	4,12	0,45
			380/660			52	1,16	1	208	2,44	4,15	
			500			39	0,93	2	156	1,42	4,0	
4A100S4, Р3, АВ, 4У3, Е, Б	3	1435	220/380	11,57/6,7	1–12; 2–11; 3–10	35	1,12	1	210	1,9	2,8	0,3
			380/660	6,7/4,27		60	0,86		360	5,53	2,85	
			500	5,09		46	1,0		276	3,14	2,95	
4A100L4, Р3, АВ, 112К, Е, Б	4	1435	220/380	–	1–12; 2–11; 3–10	28	1,3	1	168	1,28	3,39	0,3
			380/660			48	0,96		288	3,98	3,18	
			500			37	1,12		222	2,24	3,33	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор							
					y_1	$n_{э1}$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4A100L4, Р3, АВ, 112К, Е, Б	2,2	950	220/380	–	1–8; 2–7	43	1,04	1	258	2,55	2,81	0,3
			380/660			74	0,8		444	7,4	2,87	
			500			57	0,9		342	4,52	2,78	
4A100L6, Р3, АВ, 112К, Е, Б	1,5	700	220/380	–	1–6; 2–5	56	0,93	1	336	3,85	2,71	0,3
			380/660			97	0,69		582	12,1	2,6	
			500			74	0,8		444	6,87	2,66	
4A100L04	3	1435	220/380	–	1–8	33 ×2	0,8	1	396	5,25	2,04	0,4
			380/660			57× 2	0,59		684	16,8	1,92	
			500			43× 2	0,69		516	9,23	1,98	
4A100L4	4	1435	220/380	–	1–8	25× 2	0,93	1	300	3,36	2,35	0,4
			380/660			43× 2	0,69		516	10,45	2,24	
			500			33× 2	0,8		396	5,95	2,3	
4AC100S2, Б	4,8	2805	220/380	17,79/10,3	1–12; 2–11	36	0,96	2	144	1,13	3,58	0,45
			380/660	10,3/5,93		63	1,04	1	252	3,36	3,7	
			500	5,0		47	1,2	1	188	1,88	3,66	
4AC100L2, Б	6,3	2805	220/380	23,14/13,4	1–12; 2–11	27	1,12	2	108	0,676	4,02	0,45
			380/660	13,4/7,71		47	0,86		188	2,0	4,12	
			500	10,18		35	1,0		140	1,1	4,16	
4AC100S4, Б	3,2	1395	220/380	13,47/7,8	1–12; 2–11; 3–10	33	1,16	1	198	1,67	2,85	0,3
			380/660	7,8/4,4		57	0,9		342	4,8	2,97	
			500	10,16		43	1,0		258	2,94	2,76	
4AC100L4, Б	4,25	1395	220/380	17,44/10,1	1–12; 2–11; 3–10	26	0,93	2	156	1,15	3,23	0,3
			380/660	10,1/5,81		45	1,0	1	270	3,44	3,24	
			500	7,67		34	1,16	1	204	1,93	3,27	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, $мин^{-1}$	U_1	I_1, А	Статор							
					y_1	$n_{э1}$	Диаметр провода, мм	m_1	$w_{к1}$	r_1, Ом	G_1, кг	δ, мм
4АС100L6, Б	2,6	920	220/380	11,9/6,9	1–8; 2–7	40	1,08	1	240	2,2	2,8	0,3
			380/660	6,9/3,97		69	0,83		414	6,42	2,87	
			500	5,24		53	0,96		318	3,69	2,93	
4АС100L8, Б	1,6	675	220/380	9,84/5,7	1–6;2–5	52	0,96	1	312	3,35	2,68	0,3
			380/660	5,7/3,28		90	0,72		540	10,3	2,6	
			500	4,33		68	0,83		408	5,88	2,62	
4А100S2П2	4	2805	220/380	–	1–10	20×2	1,35	1	160	1,12	3,48	0,45
			380/660			35×2	1,0		280	3,58	3,37	
			500			26×2	1,16		208	1,97	3,36	
4А100L2П2	5,5	2805	220/380	–	1–10	17×2	1,0	1	136	0,96	3,62	0,45
			380/660			30×2	1,08		240	2,9	3,73	
			500			23×2	1,25		184	1,66	3,82	
4А100S4П2	3	1400	220/380	–	1–8	19×2	1,12	1	228	1,79	2,64	0,3
			380/660			33×2	0,86		396	5,26	2,98	
			500			25×2	0,96		300	3,2	2,55	
4А100L4П2	4	1400	220/380	–	1–8	15×2	1,25	1	180	1,29	2,95	0,3
			380/660			26×2	0,96		312	3,78	3,02	
			500			20×2	1,08		240	2,29	2,94	
4А100L6П2	2,2	950	220/380	–	1–6	22×2	1,08	1	264	2,24	2,87	0,3
			380/660			38×2	0,8		456	7,05	2,72	
			500			29×2	0,93		348	3,99	2,8	
4А100L8П2	1,5	700	220/380	–	1–5	29×2	0,93	1	348	3,8	2,66	0,3
			380/660			50×2	0,69		600	11,9	2,54	
			500			38×2	0,8		456	6,7	2,59	

Примечания.

1. Соединение фаз обмотки статора при напряжении 220/380 и 380/660 В Δ/Y.
2. Обмотка статора выполнена проводом марки ПЭТВ.
3. Число параллельных ветвей обмотки статора 1.
4. Обмотка однослойная.

Таблица 8.16. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А112

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1 В	I_1, А	Соединение фаз	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	Тип обмотки	Диаметр провода	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1	G_1	z_2
4А112М2У3 4АВ112А2У3 4А112М2Т2 4А112М2У2 4А112М2ХУ3 4А112М2СУ1	7,5	2900	127/220	44/25	Δ/Y	191/110	125	0,6	24	Однослойная	1,16	30*	2	60	1–12; 2–11	0,174	4,79	22
			220/380	25/15							1,25	27*	1	104		0,521	4,81	
			380/660	15/8,5							1,35	44	1	180		1,55	4,85	
			500	11	Y						1,08	34*	1	136		0,912	4,71	
4А112М4У3 4АВ112А4У3 4А112М4Т2 4А112М4У2 4А112М4ХУ3 4А112М4СУ1	5,5	1450	127/220	34,4/19,9	Δ/Y	191/126	125	0,3	36	Однослойная	1,30	14*	1	84	1–12; 2–11; 3–10	0,323	3,49	34
			220/380	19,9/11,5							1,40	25	1	150		0,99	3,61	
			380/660	11,5/6,62							1,04	43	1	258		3,1	3,44	
			500	8,74	Y						1,20	23	1	198		1,79	3,53	
4А112М6У3 4АВ112А6У3 4А112МА6Т2 4А112МА6У2 4А112МА6ХУ3 4А112МА6СУ1	3	950	127/220	22,2/12,8	Δ/Y	191/132	100	0,3	54	Однослойная	1,04	16*	1	144	1–12; 2–11; 3–10	0,687	3,05	51
			220/380	12,8/7,4							1,12	28	1	252		2,06	3,09	
			380/660	7,4/4,3							0,86	48	1	432		6,02	3,12	
			500	5,63	Y						0,96	57	1	333		3,73	2,99	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1 В	I_1, А	Соединение фаз	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	Тип обмотки	Диаметр провода	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1	G_1	Ротор: z_2
4А112МВ6У3 4АВ112 В6У3 4А112МВ6Т2 4А112МВ6У2 4А112МВ6ХУ3 4А112МВ6СУ1	4	950	127/220	27,4/15,9	Δ/Y	191/132	125	0,3	54	Однослойная	1,16	13*	1	112	1–12; 2–11; 3–10	0,498	3,42	51
			220/380	15,8/9,1							1,25	23	1	207		1,51	3,51	
			380/660	9,1/5,3							0,93	40	1	360		4,77	3,37	
			500	6,95	Y						1,08	30	1	270		2,65	3,42	
4А112МА8У3 4А112А8У3 4А112МА8Т2 4А112МА8У2 4А112МА8ХУ3 4А112МА8СУ1	2,2	700	127/220	18,4/10,6	Δ/Y	191/132	100	0,3	48	Однослойная	0,96	23*	1	184	1–8; 2–7	0,945	3,04	44
			220/380	10,6/6,1							1,04	39	1	312		2,73	3,03	
			380/660	6,1/3,6							0,80	67	1	536		7,91	3,08	
			500	4,68	Y						0,93	51	1	408		4,46	3,16	
4А112МВ8У3 4АВ112 В8У3 4А112МВ8Т2 4А112МВ8У2 4А112МВ8ХУ3 4А112МВ8СУ1	3	700	127/220	32,3/13,5	Δ/Y	191/132	130	0,3	48	Однослойная	1,03	18*	1	144	1–8; 2–7	0,668	3,45	44
			220/380	13,5/7,8							1,20	31	1	248		1,87	3,68	
			380/660	7,8/4,5							0,90	53	1	424		5,67	3,52	
			500	5,93	Y						1,04	41	1	328		3,28	3,65	

Примечания. * Двойных проводников.

1. Обмоточные данные приведены для частоты 50 Гц.

2. Для электродвигателей нормального исполнения применяют провод марки ПЭТВ, для всех остальных электродвигателей — провод марки ПЭТ-155.

3. Класс изоляции для двигателей нормального исполнения — В, для тропического исполнения — F.

Таблица 8.17. Обмоточные данные электродвигателей серии 4А132

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1 В	I_1, А	Соединение фаз	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	Тип обмотки	Диаметр провода	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1	G_1	Z_2
4А132S6Р3У3 4А132S6Р3Т2 4А132S6МРОМ5 4А132S6НУ3 4А132А6У3 4А132S6У3 4А132S6Т2 4А132S6У2 4А132S6ХУ3 4А132S6СУ1 4А132S6ХЛ1 4А132S6П2У4	5,5	969	127/220	37/21	Δ/Y	225/158	115	0,35	54	Однослойная	1,35	12*	1	108	1–12; 2–11; 3–10	0,348	4,35	51
			220/380	21/12	YY/Y						1,04	20*	1	180		0,976	4,33	
			220/440	21/11	Δ/Y					Двухслойная	1,30	12x2	2/1	108/216	1–8	0,341/1,365	3,70	
			230/400	20/12	Δ/Y						1,0	21*	1	189		1,11	4,18	
			240/415	19/11	Δ/Y						1,40	22	1	198		1,185	4,30	
			380/660	12/7,1	Δ/Y					Однослойная	1,12	35	1	315	1–12; 2–11; 3–10	2,93	4,38	
			400	12	Δ						1,08	36	1	324		3,26	4,20	
			415	11	Δ						1,04	38	1	342		3,71	4,10	
			420	11	Δ						1,04	38	1	342		3,71	4,10	
			440	11	Δ						1,04	40	1	360		3,91	4,33	
			500	9,3	Y						1,30	26	1	234		1,624	4,38	
4А132М6Р3У3 4А132М6Р3Т2 4А132М6МРОМ5 4А132М6НУ3 4А132 В6У3 4А132 В6У3 4А132М6Т2 4А132М6У2 4А132М6ХУ3 4А132М6СУ1 4А132М6ХЛ1 4А132М6П2У4	7,5	960	127/220	48/28	Δ/Y	225/158	160	0,35	54	Однослойная	1,25	9**	1	81	1–12; 2–11; 3–10	0,239	4,94	51
			220/380	28/16	YY/Y						1,20	15*	1	135		0,649	5,10	
			220/440	28/14	Δ/Y					Двухслойная	1,04	9*x2	2/1	81/162	1–8	0,239/0,955	4,24	
			230/400	27/15	Δ/Y						1,16	16*	1	144		0,738	5,05	
			240/415	26/15	Δ/Y						1,16	16*	1	144		0,738	5,05	
			380/660	15/9,4	Δ/Y					Однослойная	1,30	26	1	234	1–12; 2–11; 3–10	1,906	5,15	
			400	15	Δ						1,25	27	1	243		2,14	4,95	
			415	15	Δ						1,20	29	1	261		2,51	4,92	
			420	15	Δ						1,20	29	1	261		2,51	4,92	
			440	14	Δ						1,20	30	1	270		2,59	5,10	
			500	12	Y						1,04	20*	1	180		1,15	5,07	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1 В	I_1, А	Соединение фаз	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	Тип обмотки	Диаметр провода	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1	G_1	Z_2
4А132S4Р3У3 4А132S4Р3Т2 4А132S4МРОМ5 4А132S4НУ3 4А132А4У3 4А132S4У3 4А132S4Т2 4А132S4У2 4А132S4ХУ3 4А132S4СУ1 4А132S4ХЛ1 4А132S4П2У4	7,5	1450	127/220	45/26	Δ/Y	225/145	115	0,35	36	Однослойная	1,35	13**	1	78	1–12; 2–11; 3–10	0,193	5,44	34
			220/380	26/15	YY/Y						1,25	22*	1	132		0,251	5,27	
			220/440	26/13	Δ/Y						1,16	25*	2/1	75/150		0,189/0,757	5,17	
			230/400	25/14	Δ/Y						1,20	23*	1	138		0,650	5,11	
			240/415	24/14	Δ/Y						1,20	24	1	144		0,676	5,33	
			380/660	15/18,7	Δ/Y						1,35	38	1	228		1,70	5,30	
			400	14	Δ						1,30	40	1	240		1,93	5,18	
			415	14	Δ						1,30	42	1	252		2,02	5,44	
			420	14	Δ						1,30	42	1	252		2,02	5,44	
			440	14	Δ						1,25	44	1	264		2,29	5,27	
			500	13	Y						1,08	29*	1	174		1,01	5,2	
4А132М4Р3У3 4А132М4Р3Т2 4А132М4МРОМ5 4А132М4НУ3 4А132 В4У3 4А132 В4У3 4А132М4Т2 4А132М4У2 4А132М4ХУ3 4А132М4СУ1 4А132М4ХЛ1 4А132М4П2У4	11	1450	127/220	66/38	Δ/Y	225/145	160	0,35	36	Однослойная	1,35	19*	1	57	1–12; 2–11; 3–10	0,121	6,09	34
			220/380	38/22	YY/Y						1,04	32*	1	96		0,346	6,14	
			220/440	38/19	Δ/Y						1,35	19*	2/1	57/114		0,121	6,09	
			230/400	36/21	Δ/Y						1,0	34*	1	102		0,484	6,02	
			240/415	35/20	Δ/Y						1,40	35	1	105		0,398	6,05	
			380/660	22/13	Δ/Y						1,12	56	1	168		0,418	6,21	
			400	21	Δ						1,08	58	1	174		1,045	5,98	
			415	20	Δ						1,08	60	1	180		1,16	6,19	
			420	20	Δ						1,08	60	1	180		1,20	6,19	
			440	19	Δ						1,04	64	1	192		1,1385	6,14	
			500	17	Y						1,30	42	1	126		0,583	6,26	

Примечания. * Двойных проводников. ** Тройных проводников.

1. Класс изоляции B для электродвигателей нормального исполнения, для тропического исполнения — F.
2. Для электродвигателей нормального исполнения применяют провод марки ПЭТВ, для всех остальных — провод марки ПЭТ-155.

Таблица 8.18. Обмоточные данные электродвигателей серий 4А160 и 4А180

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	z_2
4А160S2	15	2940	220/380	48,1/27,8	272/155	110	0,8	36	Двухслойная петлевая	1,20	16+16	2	2	96	1–13	0,288	9,0	28
			380/660	27,8/16,0						1,30	28+28	1		168		0,860	9,2	
4А160М2	18,5	2940	220/380	58,4/33,7	272/155	130	0,8	36		130	14+14	2	2	84	1–13	0,226	9,7	28
			380/660	33,7/19,6						1,40	24+24	1		144		0,670	9,6	
4А160S4	15	1470	220/380	49,5/28,6	272/185	140	0,5	48	Однослойная, концентрическая вразвалку	1,25	27	2	2	108	1–12; 2–11	0,270	9,9	41
			380/660	28,6/16,5						1,35	47	1		188		0,810	10,9	
4А160М4	18,5	1470	220/380	59,1/34,2	272/185	180	0,5	48		1,40	22	2	2	88	1–12; 2–11	0,196	11,3	41
			380/660	34,2/19,8						1,50	38	1		152		0,592	11,2	
4А160S6	11	970	220/380	38,2/22,1	272/197	145	0,45	54	Однослойная концентрическая	1,16	46	1	3	138	1–12; 2–11; 3–10	0,52	7,9	50
			380/660	22,1/12,8						1,08	27	2	1	243		1,59	8,1	
4А160М6	15	970	220/380	51,0/29,5	272/197	200	0,45	54		1,35	34	1	3	102	1–12; 2–11; 3–10	0,33	9,2	50
			380/660	29,5/17,1						1,25	20	2	1	180		1,02	9,3	
4А160S8	7,5	734	220/380	30,6/17,6	272/197	145	0,45	48		1,30	42	1	2	168	1–8; 2–6	0,672	7,3	44
			380/660	17,6/10,8						1,00	72	1	2	288		1.95	7,3	
4А160М8	11	734	220/380	43,8/25,3	272/197	200	0,45	48		1,08	30	2	2	120	1–8; 2–6	0,412	8,4	44
			380/660	25,3/14,6						1,16	52	1	2	208		1,24	8,5	
4А180S2	22	2950	220/380	71,0/40,9	313/171	110	1,0	36	Двухслойная равносекционная	1,25	14+14	3	2	84	1–12; 1–13	0,15	12,5	28
			380/660	40,9/23,7						1,16	24+24	2	2	144		0,449	12,3	
4А180М2	30	2950	220/380	94,0/54,2	313/171	145	1,0	36		1,50	10+10	3	2	60	1–12; 1–13	0,087	14,8	28
			380/660	54,2/31,4						1,35	18+18	2	2	108		0,23	14,4	

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	z_2
4A180S4	22	1470	220/380	69,2/40,0	313/211	145	0,6	48	Одно- и двух-слойная	1,25	23	3	2	92	1–12; 2–11; 3–10	-,151	13,2	38
			380/660	40,0/23,2						1,16	40	2	2	160		0,49	13,2	
4A180M4	30	1470	220/380	94,0/54,4	313/211	185	0,6	48		1,25	17	4	2	68	1–12; 2–11; 3–10	0,099	14,5	38
			380/660	54,4/31,6						1,35	29	2	2	116		0,288	14.4	
4A180M6	18,5	976	220/380	62,4/36,0	313/220	145	0,45	72	Двухспойная рав-носекционная	1,35	10+10	2	2	120	1–11	0,24	12,1	58
			380/660	36,0/20,7						1,45	18+17	1	2	210		0,378	12,2	
4A180M8	15	730	220/380	56,3/32,3	313/220	170	0,45	72		1,25	23+23	1	4	138	1–8	0,32	11,7	58
			380/660	32,3/18,6						1,35	20+20	1	2	240		0,95	11,9	

Примечания.

1. Соединение обмотки фаз статора — Δ/Y.
2. Марка провода обмотки статора ПЭТ-155.
3. Класс изоляции F.
4. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,4 мм.
5. Чередование катушек для 2p = 4: 16; 16; 15; 15; 16; 16 ...; для 2p = 6: 18; 18; 17; 17; 18 ; 18;....

Таблица 8.19. Обмоточные данные электродвигателей серии 4A200

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А, при U = 380 В	Статор											Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Соединение фаз	$S_п$	y_1	a_1	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Z_2
4A200M24	37	2945	220/380	70	349/194	130	0,9	36	Δ/Y	(10+10)4	1–12	2	1,5	19,7	0,067	28
			380/660							(17+17)3			1,5	19,5	0,203	
4A200L2	45	2945	220/380	83,8	349/194	160	0,9	36	Δ/Y	(8+8)5	1–12	2	1,45	21,0	0,051	28
			380/660							(15+15)3			1,40	20,7	0,160	

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А, при U = 380 В	Статор: D_c/d_c, мм	Статор: L, мм	Статор: δ, мм	Статор: z_1	Статор: Соединение фаз	Статор: S_n	Статор: y_1	Статор: a_1	Статор: Диаметр провода, мм	Статор: G_1, кг	Статор: r_1, Ом	Ротор: Z_2
4А200М4	37	1475	220/380	68,8	349/238	170	0,7	48	Δ/Y	(9+8)4	1–11	2	1,35	17,6	0,090	38
			380/660							(14+15)3			1,20	18,1	0,259	
4А200L4	45	1475	220/380	82,6	349/238	215	0,7	48	Δ/Y	(7+7)5	1–11	2	1,35	20,5	0,065	38
			380/660							(12+12)3			1,30	19,5	0,202	
4А200М6	22	975	220/380	41,3	349/250	160	0,5	72	Δ/Y	(14+14)2	1–11	3	1,25	15,9	0,193	58
			380/660							(16+16)2		2	1,16	15,6	0,575	
4А200L6	30	980	220/380	56	349/250	185	0,5	72	Δ/Y	(11+11)2	1–11	3	1,40	16,8	0,129	58
			380/660							(19+19)			1,50	16,6	0,389	
4А200М8	18,5	735	220/380	37,8	349/250	160	0,5	72	Δ/Y	(11+12)2	1–8	2	1,40	13,5	0,234	58
			380/660							(19+19)2			1,04	13,1	0,750	
4А200L8	22	730	220/380	45	349/250	185	0,5	72	Δ/Y	(19+19)	1–8	4	1,50	14,5	0,195	58
			380/660							(33+33)			1,12	14,5	0,608	
4АН200М2	55	2940	220/380	93	349/194	160	0,9	36	Δ/Y	(8+8)6	1–12	2	1,35	20,6	0,046	28
			380/660							(13+14)4			1,25	19,8	0,136	
4АН200L2	75	2940	220/380	137	349/194	200	0,9	36	Δ/Y	(6+7)6	1–12	2	1,50	22,4	0,033	28
			380/660							(11+11)5			1,25	22,0	0,094	
4АН200М4	45	1475	220/380	84,4	349/238	170	0,7	48	Δ/Y	(8+8)4	1–12	2	1,40	18,2	0,079	38
			380/660							(14+13)3			1,25	18,3	0,223	
4АН200L4	55	1475	220/380	102	349/238	215	0,7	48	Δ/Y	(6+7)4	1–11	2	1,56	20,4	0,057	38
			380/660							(11+11)4			1,20	20,3	0,163	
4АН200М6	30	975	220/380	57,7	349/250	215	0,5	72	Δ/Y	(12+12)2	1–11	3	1,35	15,9	0,141	58
			380/660							(21+21)			1,45	15,6	0,420	

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А, при U = 380 В	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Соединение фаз	$S_п$	y_1	a_1	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор: Z_2
4АН200L6	37	980	220/380	70,7	349/250	215	0,5	72	Δ/Y	(9+9)3	1–11	3	1,25	17,8	0,095	58
			380/660							(15+16)2			1,16	17,5	0,285	
4АН200М8	22	730	220/380	42	349/250	260	0,5	72	Δ/Y	(10+10)3	1–11	2	1,20	14,9	0,210	58
			380/660							(17+17)2			1,12	14,7	0,623	
4АН200L8	30	730	220/380	62	349/250	260	0,5	72	Δ/Y	(14+14)2	1–8	4	1,25	18,6	0,125	58
			380/660							(24+24)			1,35	18,5	0,370	

Примечания.

1. Марка провода обмотки статора ПЭТ-155, класс нагревостойкости F.
2. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,4 мм.
3. Толщина клина 2,5 мм.
4. Неравновитковые катушки в двухслойной обмотке при нечетном шаге чередовать через одну, при четном — попарно. Например, для двигателя 4Ф200М2 при шаге 1—12 чередование следует выполнять: 17; 18; 17..., а для двигателя 4А200М4 — при шаге 1—11: 9; 9; 8; 8; 9; 9;....

Таблица 8.20. *Обмоточные данные электродвигателей серий 4А225 и 4А250*

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Диаметр провода, мм	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	y_1	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор: z_2
4А225М2	55	2980	220/380	168/97,4	392/208	180	1,0	36	1,45	7+8	6	2	45	1–12	24,8	0,042	28
			380/660	97,4/56,5					1,56	13+13	3	2	78		24,7	0,124	
4А225М4	55	1480	220/380	169/97,9	392/264	200	0,85	48	1,40	13+13	3	4	52	1–11	25,8	0,05	38
			380/660	97,9/56,9					1,30	23+22	2	4	90		25,1	0,146	
4А225М6	37	980	220/380	118/68	392/284	175	0,6	72	1,30	10+10	3	3	80	1–11	21,3	0,098	56
			380/660	68,1/39,4					1,20	12+12	3	2	144		21,6	0,31	

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин⁻¹	U_1, В	I_1, А	Статор D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Диаметр провода, мм	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	y_1	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор z_2
4А225М8	30	740	220/380	105,5/61	392/284	175	0,6	72	1,50	8+8	3	2	96	1–8	19,4	0,112	56
			380/660	63/36,4					1,40	27+27	1	4	162		19,3	0,336	
4А250S2У3	75	2960	220/380	230/133,5	437/232	200	1,2	48	1,56	4+5	8	2	36	1–15	33	0,0233	40
			380/660	134/77,3					1,35	8+8	6	2	64		33	0,074	
4А250М2 У3	90	2960	220/380	275/158,4	437/232	230	1,2	48	1,56	4+4	9	2	32	1–15	34,8	0,019	40
			380/660	158/91,7					1,45	7+7	6	2	56		35	0,059	
4А250S4 У3	75	1480	220/380	230/131,7	437/290	220	1,0	60	1,56	9+9	4	4	45	1–13	39,6	0,028	50
			380/660	132/76,2					1,62	16+16	2	4	80		38	0,092	
4А250М4 У3	90	1480	220/380	270/156,5	437/290	230	1,0	60	1,50	8+8	5	4	40	1–13	43,8	0,0233	50
			380/660	157/90,8					1,40	14+14	3	4	70		40	0,077	
4А250S6 У3	45	980	220/380	142/82	437/317	180	0,7	72	1,30	9+9	4	3	72	1–11	26,6	0,069	56
			380/660	82,1/47,4					1,40	15+16	2	3	124		26,6	0,205	
4А250М6 У3	55	980	220/380	173,8/100,5	437/317	200	0,7	72	1,40	7+8	4	3	60	1–11	27	0,052	56
			380/660	100,5/58,1					1,25	13+13	3	3	104		27,9	0,15	
4А250S8 У3	45	740	220/380	125/72,4	437/317	180	0,7	72	1,40	15+15	2	4	90	1–8	22,7	0,098	56
			380/660	73,4/42,4					1,56	25+25	1	4	150		23,5	0,264	
4А250М8 У3	45	740	220/380	152/87,8	437/317	220	0,7	72	1,62	12+12	2	4	72	1–8	26,8	0,065	56
			380/660	87,8/50,7					1,20	21+21	2	4	126		25,8	0,207	

Примечания.

1. Соединение фаз обмотки статора Δ/Y.
2. Марка провода обмотки статора ПЭТ-155.
3. Обмотка двухслойная равносекционная.
4. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,4 мм.
5. Класс изоляции F.
6. Чередование катушек у двигателя 4А225 для 2p = 2: 7; 8; 7; 8; ...; для 2p = 4: 23; 23; 22; 22; 23; 23;....
7. Чередование катушек у двигателя 4А250 для 2p = 2: 4; 4; 5; 5; 4; 4; 5; 5; ...; для 2p = 6: 15; 15; 16; 16; 15; 15; 16; 16;....

Таблица 8.21. Обмоточные данные электродвигателей серий 4А280, 4А315 и 4А355

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	w_{k1}	$a{\times}b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4АН280S2	160	2965	380/660	288/166	520/275	165	1,3	48	Двухслойная петлевая концентрическая	1–15	52	4	2	6 и 7[*1]	1,16 ×4,1	67,9	0,0343	38
4АН280М2	200	2965	380/660	359/207		230				1–14	44			5 и 6[*2]	1,35×4,1	71,7	0,0264	
4А280S2	110	2970	220/380	355/255		175				1–16	32			4	1,95×4,1	75,0	0,0129	
4А280М2	132	2970	380/660	248/142,5		205				1–16	48			6	1,25x4,1	74,0	0,0308	
4АН280S4	132	1470	380/660	243/141	525/335	205	0,9	60	Двухслойная петлевая концентрическая	1–12	52	2	4	13	1,08×3,53	63,5	0,0511	50
4АНК280S4	132	1455	380/660	246/142		206					52			13	1,08×3,53	63,5	0,0511	72
4АН280М4	160	1470	380/660	291/168		235					44			11	1,35×3,53	71,5	0,0359	50
4АНК280М4	160	1455	380/660	295/171		235					44			11	1,35×3,53	71,5	0,0359	72
4А280S4	110	1470	220/380	337/195		220					52			13	1,95x3,53	75,0	0,0175	50
4АК280S4	110	1455	220/380	347/200		220					52			13	1,95×3,35	75,0	0,0175	72
4А280М4	132	1475	380/660	234/135		240					44			11	1,25×2,53	72,4	0,053	50
4АК280М4	132	1465	380/660	238/137		240					44			11	1,25x3,53	72,4	0,053	72
4АН280S6	90	980	220/380	289/167	520/370	200	0,8	72	Двухслойная петлевая концентрическая	1–10	26	2	3	6 и 7[*3]	1,81×3,05	47,5	0,0314	82
4АНК280S6	90	970	220/380	298/172,5		200					26		3	6 и 7[*3]	1,81x3,05	47,5	0,0314	81
4АН280М6	110	980	220/380	346/200		230				1–11	44		6	11	1,08×3,05	52,0	0,0255	82
4АНК280М6	110	970	220/380	363/210		230					44		6	11	1,08×3,05	52,0	0,0255	81
4А280S6	75	980	220/380	240/138		190					28		3	7	1,68x3,05	49,3	0,0382	82
4АК280S6	75	980	220/380	246/143		190					56		3	7	1,68×3,05	49,3	0,0382	81
4А280М6	90	985	220/380	286/165		225					46		6	11 и 12	1,0×3,05	49,8	0,0287	82
4АК280М6	90	970	220/380	294/170		225					46		6	11 и 12	1,0x3,05	49,8	0,0287	81

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$a \times b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор z_2
4АН280S8	75	735	220/380	253/145	520/385	210	0,8	72	Двухслойная петлевая концентрическая	1–9	40	4	2	5	1,25×3,28	53,0	0,0367	86
4АНК280S8	75	720	220/380	260/150		210					40	4	2	5	,25x3,28	53,0	0,0367	84
4АН280М8	90	735	220/380	300/173		240					36	2	4	9	1,45×3,28	58,8	0,0297	86
4АНК280М8	90	720	220/380	313/180		240					36	2	4	9	1,45×3,28	58,8	0,0297	84
4А280S8	55	735	220/380	188/108		185				1–8	48	2	4	12	1,0×3,28	45,1	0,05	86
4АК280S8	55	725	220/380	193/11,5		185					48	2	4	12	1,0×3,28	45,1	0,05	84
4А280М8	75	735	220/380	248/143		250					36	2	4	9	1,35×3,28	52,9	0,0311	86
4АК280М8	75	730	220/380	256/148		250					36	2	4	9	1,35x3,28	52,9	0,0311	84
4АН280S10	45	585	220/380	162/93,8	520/400	185	0,7	90	Двухслойная концентрическая	1–9	96	8	2	6	Ø1,35	43,0	0,0547	106
4АНК280S10	45	575	220/380	170/98,5		185					96	8		6	Ø1,35	43,0	0,0547	120
4АН280М10	55	585	220/380	197/114		220					80	8		5	Ø1,5	48,0	0,0402	106
4АНК280М10	55	575	220/380	204/118		220					80	8		5	Ø1,5	48,0	0,0402	120
4А280S10	37	590	220/380	136/78,5		170			Двухслойная петлевая концентрическая		96	3	5	16	Ø1,35	41,2	0,0599	106
4АК280S10	37	580	220/380	144,5/83,5		170					96	3		16	Ø1,35	41,2	0,0599	120
4А280М10	45	590	220/380	164/94,5		180					90	3		16	Ø1,48	42,6	0,0536	106
4АК280М10	45	580	220/380	171/98,8		180					90	3		16	Ø1,48	42,6	0,0536	120
4АН315М2	250	2970	380/660	442/256	590/310	210	1,5	48	Двухслойная петлевая	1–15	40	4	2	5	1,68×4,4	90,5	0,01824	38
4А315S2	160	2970	380/660	282/164	520/275	250	1,3			1–16	40			5	1,56×4,1	82,5	0,0226	
4А315М2	200	2970	380/660	351/203		310					32			4	2,1×4,1	93,4	0,0148	
4АН315S4	200	1480	380/660	355/206	590/380	210	1,0	60	Двухслойная петлевая	1–13	40	2	4	10	1,56×3,53	77,0	0,0287	50
4АНК315S4	200	1470	380/660	367/212		210					40			10	1,56×3,53	77,0	0,0287	72
4АН315М4	250	1475	380/660	448/259		250				1–12	36			9	1,81x3,53	82,0	0,0225	50

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$a \times b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4АНК315М4	250	1470	380/660	447/258	590/380	250	1,0	60	Двухслойная петлевая	1–12	36	2	4	9	1,81×3,53	82,0	0,0225	72
4А315S4	160	1480	380/660	282/164	520/335	290	0,9				40			10	1,56×3,53	82,3	0,0306	50
4АК315S4	160	1470	380/660	285/165		290					40			10	1,56x3,53	82,3	0,0306	72
4А315М4	200	1480	380/660	351/203		360					32			8	1,95×3,53	96,0	0,0203	50
4АК315М4	200	1470	380/660	348/201		360					32			8	1,95×3,53	96,0	0,0203	72
4АН315S6	132	985	380/660	242/140	590/425	190	0,9	72	Двухслойная петлевая	1–10	40	2	3	10	1,35×3,53	65,0	0,058	82
4АНК315S6	132	975	380/660	248/143		190					40			10	1,35×3,53	65,0	0,058	81
4АН315М6	160	985	380/660	293/169		220					34			8 и 9*4	1,56×3,53	67,5	0,0447	82
4АНК315М6	160	975	380/660	297/171,5		220					34			8 и 9*4	1,56×3,53	67,5	0,0447	81
4А315S6	110	985	220/380	346/200	520/370	275	0,8			1–11	36	2	6	9 и 10*5	1,25×3,05	56,6	0,0203	82
4АК315S6	110	975	220/380	359/207		275					36			9 и 10*5	1,25×3,05	56,6	0,0203	81
4А315М6	132	985	380/660	240/138		320					28		3	7	1,81×3,05	65,2	0,043	82
4АК315М6	132	980	380/660	248/143		320					28			7	1,81×3,05	65,2	0,043	81
4АН315S8	110	735	220/380	259/208	590/440	240	0,9	72	Двухслойная петлевая	1–8	32	2	4	8	1,68×3,53	64,8	0,0222	86
4АНК315S8	110	730	220/380	370/214		240					32			8	1,68×3,53	64,8	0,0222	84
4АН315М8	132	735	380/660	250/145		280					48			12	1,08×3,53	65,3	0,0527	86
4АНК315М8	132	730	380/660	256/148		280					48			12	1,08×3,53	65,3	0,0527	84
4А315S8	90	740	220/380	300/173	520/385	300	0,8				30			7 и 8*6	1,68×3,28	61,2	0,0228	86
4АК315S8	90	730	220/380	306/177		300					30			7 и 8*6	1,68×3,28	61,2	0,0228	84
4А315М8	110	740	220/380	363/209		370					48			6	1,0×3,28	63,2	0,01755	86
4АК315М8	110	730	220/380	368/212		370					48			6	1,0×3,28	63,2	0,01755	84
4АН315S10	75	590	220/380	264/152,5	590/450	200	0,8	90	Двухслойная петлевая концентрическая	1–8	96	4	5	12	Ø1,4	47,6	0,0351	106
4АНК315S10	75	580	220/380	270/156		200					96			12	Ø1,4	47,6	0,0351	120

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$a{\times}b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4АН315М10	90	590	220/380	315/182	590/450	240	0,8	90	Двухслойная петлевая концентрическая	1–8	80	4	5	10	Ø1,56	54,2	0,0249	106
4АНК315М10	90	580	220/380	318,5/184		240					80			10	Ø1,56	54,2	0,0249	120
4А315S10	55	590	220/380	197,5/114	520/400	250	0,7			1–9	66	3	5	11	Ø1,62	50,0	0,0351	106
4АК315S10	55	580	220/380	216/125		250					66			11	Ø1,62	50,0	0,0351	120
4А315М10	75	590	220/380	260/150		305					72	4		9	Ø1,56	56,8	0,0261	106
4АК315М10	75	580	220/380	288/166,5		305					72			9	Ø1,56	56,8	0,0261	120
4АН315S12	55	490	220/380	204/118	590/450	200	0,8	90	Двухслойная петлевая концентрическая	1–7	108	3	6	18	Ø1,3	45,0	0,0517	106
4АНК315S12	55	475	220/380	218/123		200					108			18	Ø1,3	45,0	0,0517	108
4АН315М12	75	490	220/380	277/160		240					78			13	Ø1,56	51,6	0,0292	106
4АНК315М12	75	480	220/380	288/166		240					78			13	Ø1,56	51,6	0,0292	108
4А315S12	45	490	220/380	171/99	520/400	250	0,7			1–8	64	4	3	8	Ø1,62	46,7	0,0512	106
4АК315S12	45	480	220/380	173/100		250					64			8	Ø1,62	46,7	0,0512	108
4А315М12	55	490	220/380	204/118		305					78	3	6	13	Ø1,5	55,0	0,0365	106
4АК315М12	55	485	220/380	208/120		305					78			13	Ø1,5	55,0	0,0365	108
4АН355S2	315	2970	380/660	545/315	660/345	210	1,8	48	Двухслойная петлевая	1–16	32	4	2	4	2,1×4,7	98,3	0,01165	38
4АН355М2	400	2970	380/660	685/396		265				1–15	42	6		3 и 4	1,56×4,7	103	0,00939	
4А355S2	250	2970	380/660	442/255	590/310	290	1,5			1–16	32	4		4	2,26×4,4	108,6	0,0126	
4А355М2	315	2970	380/660	542/313		360					42	6		3 и 4	1,68×4,3	114,2	0,01035	
4АН355S4	315	1485	380/660	545/315	660/435	245	1,2	60	Двухслойная петлевая	1–12	32	2	4	8	1,95×4,1	95,0	0,0164	50
4АНК355S4	315	1475	380/660	355/320		245					32			8	1,95×4,1	95,0	0,0164	72
4АН355М4	400	1485	380/660	702/406		305					52			6 и 7	1,16×4,1	98,4	0,0124	50

Тип электродвигателя	P, Вт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$a \times b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4АНК355М4	400	1475	380/660	706/408	660/435	305	1,2	60	Двухслойная петлевая	1–12	52	2	4	6 и 7	1,16×4,1	98,4	0,0124	72
4А355S4	250	1485	380/660	432/250	590/380	360	1,0				56	4	4	7	1,16×3,53	93,0	0,0161	50
4АК355S4	250	1480	380/660	447/259		360					56			7	1,16×3,53	93,0	0,0161	72
4А355М4	315	1485	380/660	537/310		450					48			6	1,35×3,53	104	0,01325	50
4АК355М4	315	1480	380/660	546/315		450					48			6	1,35×3,53	104	0,01325	72
4АН355S6	200	985	380/660	355/205	660/470	220	1,0	72	Двухслойная петлевая	1–10	60	2	6	15	1,0×3,53	76,4	0,0439	82
4АНК355S6	200	980	380/660	366/211,5		220					60			15	1,0×3,53	76,4	0,0439	81
4АН355М6	250	985	380/660	442/256		275					48			12	1,25×3,53	84,5	0,0224	82
4АНК355М6	250	980	380/660	452/261		275					48			12	1,25×3,53	84,5	0,0224	81
4А355S6	160	985	380/660	287/166	590/245	295	0,9				28		3	7	1,95×3,53	78,8	0,0329	82
4АК355S6	160	980	380/660	293/169		295					28			7	1,95×3,53	78,8	0,0329	81
4А355М6	200	985	380/660	358/206		370					44		2	11	1,25×3,53	87,0	0,0229	82
4АК355М6	200	985	380/660	364/210		370					44			11	1,25×3,53	87,0	0,0229	81
4АН355S8	160	740	380/660	291/168,5	600/490	250	1,0	72	Двухслойная петлевая	1–8	48	2	4	12	1,08×4,1	74,3	0,0439	86
4АНК355S8	160	730	380/660	300/177		250					48			12	1,08×4,1	74,3	0,0439	84
4АН355М8	200	740	380/660	377/218		310					40			10	1,45×4,1	93,6	0,0298	86
4АНК355М8	200	730	380/660	273/215		310					40			10	1,45×4,1	93,6	0,0298	84
4А355S8	132	740	380/660	254/147	590/440	325	0,9				42			10 и 11	1,25×3,53	71,7	0,0517	86
4АК355S8	132	735	380/660	257/148,5		325					42			10 и 11	1,25×3,53	71,7	0,0517	84
4А355М8	160	740	380/660	301/174		375					36			9	1,56×3,53	83,7	0,0311	86
4АК355М8	160	735	380/660	304/176		375					36			9	1,56×3,53	83,7	0,0311	84

Тип электро-двигателя	P, Вт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	I_1, А	Статор													Ротор
					D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$a \times b_1$ или $d_{пр}$, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
4АН355S10	110	590	220/380	379/219	660/500	225	0,9	90	Двухслойная петлевая концентрическая	1–8	36	2	5	9	1,56×3,28	74,6	0,0207	106
4АНК355S10	110	580	220/380	386/223		225					36			9	1,56×3,28	74,6	0,0207	120
4АН355М10	132	590	380/660	260/150,5		260					54			13 и 14	1,08×3,28	80,2	0,0448	106
4АНК355М10	132	580	380/660	267/154,5		260					54			13 и 14	1,08×3,28	80,2	0,0448	120
4А355S10	90	590	220/380	294/169,5	590/450	295	0,8				72	4		9	∅1,62	59,2	0,0233	106
4АК355S10	90	585	220/380	308/178		295					72			9	∅1,62	59,2	0,0233	120
4А355М10	110	590	220/380	357/206		355				1–9	70	5		7	∅1,62	66,5	0,0167	106
4АК355М10	110	585	220/380	360/208		355					70			7	∅1,62	66,5	0,0167	120
4АН355S12	90	490	220/380	332/192	660/500	225	0,9	90	Двухслойная петлевая	1–7	48	2	6	12	1,25×3,28	74,2	0,0227	106
4АНК355S12	90	480	220/380	360/208		225					48			12	1,25×3,28	74,2	0,0227	108
4АН355М12	110	490	220/380	405/234		260					40			10	1,45×3,28	77,4	0,0174	106
4АНК355М12	110	480	220/380	431/349		260					40			10	1,45×3,28	77,4	0,0174	108
4А355S12	75	490	220/380	286/165	590/450	295	0,8		Двухслойная петлевая концентрическая		66	3		11	∅1,68	63,3	0,0266	106
4АК355S12	75	485	220/380	294/170		295					66			11	∅1,68	63,3	0,0266	108
4А355М12	90	490	220/380	346/99,5		355					72	4		9	∅1,62	71,3	0,0195	106
4АК355М12	90	485	220/380	365/211		355					72			9	∅1,62	71,3	0,0195	108

Примечания.

*1 Чередование витков в катушке 6; 6; 7; 7; ...

*2 Чередование витков в катушке 5; 6; 5; 6; ...

*3 Чередование витков в катушке 7; 6; 7; 6; ...

*4 Чередование витков в катушке 8; 9; 8; 9.

*5 Чередование витков в катушке 9; 9; 10; 10; 9; 9; 10; 10.

*6 Чередование витков в катушке 7; 8; 7; 8; 7; 8.

1. Соединение фаз обмотки статора при напряжении 220 В Δ, при напряжении 380 В Y.
2. Односторонняя толщина пазовой изоляции для всех электродвигателей 0,55 мм.
3. Класс нагревостойкости изоляции F.

8.4. Обмоточные данные роторов электродвигателей серий 4АНК и 4АК с высотой оси вращения 280—355 мм

Тип электродвигателя	U_1	Ротор фазный										
		U_2, В	I_2, А	z_2	y_2	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_ф$	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
4АНК280S4	380/660	257	326	72	1–19	2	1	1	24	3,05 ×18,0	40,3	0,00915
4АНК280М4	380/660	302	325								42,5	0,00965
4АК280S4	380/660	217	326								40,0	0,0091
4АК280М4	380/660	279	300								42,9	0,0098
4АНК280S6	220/380	206	277	81	1–15 и 1–14	2	1	1	27	3,05× 15,6	36,2	0,01095
4АНК280М6	220/380	233	303								38,1	0,01155
4АК280S6	220/380	183	261								34,5	0,0108
4АК280М6	220/380	223	256								36,5	0,0115
4АНК280S8	220/380	178	279	84	1–12 и 1–11	2	1	1	28	3,05× 15,6	34,5	0,01042
4АНК280М8	220/380	190	308								36,5	0,01085
4АК280S8	220/380	149	231								32,6	0,00983
4АК280М8	220/380	200	232								37,2	0,0112
4АНК280S10	220/380	160	177	120	1–13	2	1	1	40	2,63× 14,5	35,8	0,0169
4АНК280М10	220/380	185	180								37,3	0,0176
4АК280S10	220/380	151	153								34,9	0,0164
4АК280М10	220/380	162	169								35,4	0,0168
4АНК315S4	380/660	324	394	72	1–19	2	1	1	24	3,8× 19,5	61	0,00751
4АНК315М4	380/660	373	413								65	0,00798

Тип электро-двигателя	U_1	Ротор фазный										
		U_2, В	I_2, А	z_2	y_2	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_ф$	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
4АК315S4	380/660	337	295	72	1–19	2	1	1	24	3,05× 18,0	46,4	0,0105
4АК315М4	380/660	390	321								47,57	0,01037
4АНК315S6	380/660	231	353	81	1–15 и 1–14	2	1	1	27	3,8× 16,8	49,8	0,00830
4АНК315М6	380/660	272	361								52,5	0,00876
4АК315S6	220/380	270	253							3,05× 15,6	41,4	0,01255
4АК315М6	380/660	320	253								43,7	0,0135
4АНК315S8	220/380	212	328	84	1–12 и 1–11	2	1	1	28	4,4× 14,5	51,9	0,00875
4АНК315М8	380/660	247	364								55,5	0,00936
4АК315S8	220/380	240	231							3,05× 15,6	40,7	0,0124
4АК315М8	220/380	299	229								45,5	0,014
4АНК315S10	220/380	214	221,5	120	1–13	2	1	1	40	2,83× 15,5	35,3	0,0154
4АНК315М10	220/380	258	218,5								38,6	0,0166
4АК315S10	220/380	222	157,5							2,63× 14,5	40,6	0,0192
4АК315М10	220/380	272	172								45,0	0,0213
4АНК315S12	220/380	165	235	108	1–10	2	1	1	36	2,44× 16,8	34,8	0,01415
4АНК315М12	220/380	207	228								37,7	0,0155
4АК315S12	220/380	164	176							3,28× 11,6	35,2	0,0168
4АК315М12	220/380	201	168								39,0	0,0187
4АНК355S4	380/660	420	460	72	1–19	2	1	1	24	4,4× 19,5	80,0	0,00753
4АНК355М4	380/660	515	485								86,6	0,00823
4АК355S4	380/660	485	330							3,8× 19,5	75,0	0,0093

Тип электро-двигателя	U_1	Ротор фазный										
		U_2, В	I_2, А	z_2	y_2	$n_{э2}$	m_2	a_2	$w_ф$	Размер провода, мм	G_2, кг	r_2
4АК355М4	380/660	586	350	72	1–19	2	1	1	24	3,8× 19,5	83,7	0,01035
4АНК355S6	380/660	309	409	81	1–15 и 1–14	2	1	1	27	4,1× 18,0	62,4	0,00784
4АНК355М6	380/660	385	393								68,2	0,00862
4АК355S6	380/660	333	296							3,8× 16,8	59,1	0,0099
4АК355М6	380/660	425	288								66,5	0,01105
4АНК355S8	380/660	260	392	84	1–12 и 1–11	2	1	1	28	4,7× 15,6	64,4	0,00822
4АНК355М8	380/660	303	389								71,2	0,00908
4АК355S8	380/660	298	274							4,4× 14,5	60,73	0,010
4АК355М8	380/660	348	285								64,5	0,0109
4АНК355S10	220/380	283	239	120	1–13	2	1	1	40	2,83× 15,6	46,9	0,0167
4АНК355М10	380/660	327	250								50,1	0,0179
4АК355S10	220/380	289	195								50,3	0,01865
4АК355М10	220/380	355	223								59,1	0,0207
4АНК355S12	220/380	282	259,5	108	1–10	2	1	1	36	2,44× 18,0	40,3	0,0146
4АНК355М12	220/380	265	265								43,2	0,0153
4АК355S12	220/380	217	187							2,44× 16,8	41,8	0,01715
4АК355М12	220/380	302	185									46,7

Примечания.

1. Соединение фаз Y.
2. Односторонняя корпусная толщина пазовой изоляции 0,65 мм.
3. Обмотка ротора стержневая, двухслойная.
4. Класс изоляции F.

8.5. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 0—9-го габаритов

Таблица 8.22. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 0-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 071-2	0,4	2750	660/380	Y/Δ	6,0/1,0	120/60	48	0,3	24	1–12; 2–11	Однослойная	225	1	1	225	0,31	0,66	79,3	19
			500	Y	0,8							171			171	0,35	0,69	47,4	
			380/220	Y/Δ	1,0/1,7							130			130	0,41	0,72	26,3	
			220/127	Y/Δ	1,7/3,0							75			75	0,55	0,74	8,42	
ВАО 072-2	0,6	2750	660/380	Y/Δ	0,8/1,4	120/60	60	0,3	24	1–12; 2–11	Однослойная	185	1	1	185	0,35	0,796	54,7	19
			500	Y	1,2							140			140	0,41	0,82	30,2	
			380/220	Y/Δ	1,4/2,5							107			107	0,47	0,82	17,5	
			220/127	Y/Δ	2,5/4,4							62			62	0,62	0,826	5,85	
ВАО 071-4	0,27	1400	660/380	Y/Δ	0,6/1,0	120/72	48	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	315	1	1	315	0,31	0,734	8,9	18
			500	Y	0,7							240			240	0,35	0,775	53	
			380/220	Y/Δ	1,0/1,7							183			183	0,41	0,805	29	
			220/127	Y/Δ	1,7/3,0							104			104	0,55	0,82	9,35	
ВАО 072-4	0,4	1400	660/380	Y/Δ	0,8/1,3	120/72	60	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	251	1	1	251	0,35	0,87	60	18
			500	Y	1,0							190			190	0,41	0,9	33,2	
			380/220	Y/Δ	1,3/2,3							146			146	0,47	0,91	19,5	
			220/127	Y/Δ	2,3/4,0							84			84	0,62	0,91	6,4	

Таблица 8.23. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 1-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 11-2	0,8	2860	660/380	Y/Δ	1,1/1,9	133/73	60	0,4	24	1–12; 2–11	Однослойная	148	1	1	148	0,49	1,35	24,5	20
			500	Y	1,45							112			112	0,57	1,39	13,7	
			380/220	Y/Δ	1,9/3,3							86			86	0,64	1,35	8,35	
			220/127	Y/Δ	3,3/6,7							49			49	0,86	1,37	2,63	
ВАО 12-2	1,1	2860	660/380	Y/Δ	1,5/2,5	133/73	75	0,4	24	1–12; 2–11	Однослойная	120	1	1	120	0,55	1,48	1,68	20
			500	Y	1,95							91			91	0,64	1,52	9,44	
			380/220	Y/Δ	2,5/4,3							70			70	0,72	1,47	5,72	
			220/127	Y/Δ	4,3/7,5							40			40	0,96	1,5	1,82	
ВАО 11-4	0,6	1400	660/380	Y/Δ	1,1/1,9	133/80	50	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	205	1	1	205	0,44	1,21	33,5	30
			500	Y	1,45							150			150	0,51	1,2	18,2	
			380/220	Y/Δ	1,9/3,3							115			115	0,59	1,22	10,5	
			220/127	Y/Δ	3,3/5,7							68			68	0,77	1,26	3,62	
ВАО 12-4	0,8	1400	660/380	Y/Δ	1,4/2,4	133/80	75	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	165	1	1	165	0,49	1,31	23,5	30
			500	Y	1,8							123			123	0,57	1,32	12,1	
			380/220	Y/Δ	2,4/4,2							96			96	0,64	1,3	8,05	
			220/127	Y/Δ	4,2/7,3							55			55	0,86	1,33	2,56	
ВАО 11-6	0,4	915	660/380	Y/Δ	0,8/1,5	133/80	65	0,25	36	1–8; 2–7	Однослойная	201	1	1	201	0,41	1,46	53,6	26
			500	Y	1,1							153			153	0,47	1,46	31,1	
			380/220	Y/Δ	1,5/2,6							116			116	0,55	1,51	17,2	
			220/127	Y/Δ	2,6/4,5							67			67	0;72	1,4	5,8	
ВАО 12-6	0,6	915	660/380	Y/Δ	1,3/2,2	133/80	85	0,25	36	1–8; 2–7	Однослойная	170	1	1	170	0,47	1,81	38,6	26
			500	Y	1,72							129			129	0,53	1,75	23,0	
			380/220	Y/Δ	2,2/3,8							98			98	0,62	1,81	12,8	
			220/127	Y/Δ	3,8/6,6							57			57	0,8	1,75	4,46	

Таблица 8.24. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 2-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 21-2	1,5	2860	660/380	Y/Δ	2,0/3,4	153/86	63	0,45	24	1–12; 2–11	Однослойная	120	1	1	120	0,64	2,13	13,1	20
			500	Y	2,57							91			91	0,74	2,15	7,45	
			380/220	Y/Δ	3,4/5,85							70			70	0,83	2,08	4,55	
			220/127	Y/Δ	5,85/10,1							40			40	1,12	2,15	1,43	
ВАО 22-2	2,2	2860	660/380	Y/Δ	2,7/4,6	153/86	90	0,45	24	1–12; 2–11	Однослойная	90	1	1	90	0,74	2,36	8,17	20
			500	Y	3,6							68			68	0,86	2,4	4,58	
			380/220	Y/Δ	4,6/8,0							52			52	1,0	2,47	2,7	
			220/127	Y/Δ	8,0/14,0							30			30	1,3	2,41	0,89	
ВАО 21-4	1,1	1420	660/380	Y/Δ	1,7/2,9	153/94	70	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	152	1	1	152	0,57	1,7	16,7	30
			500	Y	2,2							115			115	0,67	1,78	9,2	
			380/220	Y/Δ	2,9/5,0							88			88	0,77	1,79	5,3	
			220/127	Y/Δ	5,0/8,6							51			51	1,0	1,74	1,82	
ВАО 22-4	1,5	1420	660/380	Y/Δ	2,1/3,7	153/94	95	0,3	24	1–8; 2–7	Однослойная	123	1	1	123	0,67	2,14	11,1	30
			500	Y	2,8							94			94	0,77	2,15	6,37	
			380/220	Y/Δ	3,7/6,4							71			71	0,9	2,22	3,53	
			220/127	Y/Δ	6,4/11,1							40			40	1,2	2,23	1,12	
ВАО 21-6	0,8	930	660/380	Y/Δ	1,5/2,5	153/98	70	0,25	36	1–8; 2–7	Однослойная	145	1	1	145	0,51	1,84	27,8	26
			500	Y	1,9							110			110	0,59	1,84	15,7	
			380/220	Y/Δ	2,5/4,3							84			84	0,67	1,8	9,34	
			220/127	Y/Δ	4,3/7,5							49			49	0,9	1,9	3,02	
ВАО 22-6	1,1	930	660/380	Y/Δ	1,9/3,4	153/98	95	0,25	36	1–8; 2–7	Однослойная	110	1	1	110	0,62	2,3	16,2	26
			500	Y	2,6							83			83	0,72	2,33	9,1	
			380/220	Y/Δ	3,4/5,9							63			63	0,83	2,35	5,17	
			220/127	Y/Δ	5,9/10,2							37			37	1,08	2,34	1,8	

Таблица 8.25. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 3-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Ротор: Z_2
ВАО 31-2	3,3	2900	660/380	Y/Δ	3,8/6,5	180/106	88	0,55	24	1–9	Двухслойная	86	1	1	43	0,9	3,21	5,05	20
			500	Y	5,0							66			33	1,04	3,25	2,91	
			380/220	Y/Δ	6,5/11,3							50			25	1,2	3,29	1,65	
			220/127	Y/Δ	11,3/19,5							60	2		15	1,2	3,34	0,6	
ВАО 32-2	4	290	660/380	Y/Δ	4,7/8,2	180/106	115	0,55	24	1–9	Двухслойная	68	1	1	34	1,0	3,4	3,56	20
			500	Y	6,3							52			26	1,16	3,51	2,04	
			380/220	Y/Δ	8,2/14,2							40			20	1,3	3,38	1,24	
			220/127	Y/Δ	14,2/24,6							44	2		11	1,25	3,6	0,35	
ВАО 31-4	2,2	1430	660/380	Y/Δ	3,0/5,0	180/112	88	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	75	1	1	75	0,77	2,73	8,06	26
			500	Y	3,8							57			57	0,9	2,83	4,5	
			380/220	Y/Δ	5,0/8,7							44			44	1,0	2,69	2,8	
			220/127	Y/Δ	8,7/15,1							50	2		25	0,96	2,82	0,87	
ВАО 32-4	3	1430	660/380	Y/Δ	4,0/6,5	180/112	115	0,35	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	60	1	1	60	0,86	3,02	5,78	26
			500	Y	4,9							45			45	1,0	3,06	3,2	
			380/220	Y/Δ	6,5/11,2							35			35	1,12	3,0	1,98	
			220/127	Y/Δ	11,2/19,5							40	2		20	1,12	3,06	0,628	
ВАО 31-6	1,5	950	660/380	Y/Δ	2,4/4,2	180/122	88	0<3	36	1–8; 2–7	Однослойная	105	1	1	105	0,74	3,14	10,8	46
			500	Y	3,2							80			80	0,86	3,2	6,1	
			380/220	Y/Δ	4,2/7,3							61			61	0,96	3,04	3,75	
			220/127	Y/Δ	7,3/12,6							35			35	1,3	3,2	1,17	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 32-6	2,2	950	660/380	Y/Δ	3,4/5,9	180/122	125	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	80	1	1	80	0,9	4,13	6,56	46
			500	Y	4,5							61			61	1,04	4,21	3,76	
			380/220	Y/Δ	5,9/10,2							46			46	1,2	4,24	2,12	
			220/127	Y/Δ	10,2/17,6							54	2		54	1,2	4,25	0,74	

Таблица 8.26. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 4-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 41-2	5,5	2900	127/220	Δ/Y	34,3/19,8	208/123	110	0,55	24	1–10	Двухслойная	60	3	1	10	1,3	–	0,256	20
			220/380	Δ/Y	19,8/11,5							68	2		17	1,2	–	0,75	
			380/660	Δ/Y	11,5/6,6							58	1		29	1,3	6,24	2,17	
			500	Y	8,7							88	2		22	1,04	–	1,285	
ВАО 42-2	7,5	2900	220/380	Δ/Y	26/15	208/123	150	0,55	24	1–10	Двухслойная	84	3	1	14	1,08	–	0,57	20
			380/660	Δ/Y	15/8,7							96	2		24	1,0	6,9	1,7	
			500	Y	–							72	2		18	1,08	–	0,945	
ВАО 41-4	4	1450	127/220	Δ/Y	25/14,5	208/133	110	0,4	36	1–12; 2–11; 3–10	Однослойная	40	2	1	20	1,35	–	0,465	26
			220/380	Δ/Y	14,5/8,4							68			34	1,0	–	1,435	
			380/660	Δ/Y	8,4/4,9							59	1		59	1,08	5,46	4,27	
			500	Y	6,4							45			45	1,25	–	2,44	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 42-4	5,5	1450	127/220	Δ/Y	34/19,5	208/133	150	0,4	36	1 –12; 2–11; 3–10	Однослойная	42	3	1	14	1,3	–	0,264	26
			220/380	Δ/Y	19,5/11,3							50	2		25	1,2	–	0,828	
			380/660	Δ/Y	11,3/6,5							43	1		43	1,3	6,45	2,42	
			500	Y	8,6							64	2		32	1,04	–	1,41	
ВАО 41-6	3	960	127/220	Δ/Y	22/13	208/144	110	0,4	36	1–8; 2–7	Однослойная	50	2	1	25	1,25	–	0,58	46
			220/380	Δ/Y	13/7,4							43	1		43	1,35	–	1,71	
			380/660	Δ/Y	7,4/4,3							75			75	1,0	5,1	5,37	
			500	Y	5,6							57			57	1,16	–	3,06	
ВАО 42-6	4	960	127/220	Δ/Y	29,3/17	208/144	150	0,4	36	1–8; 2–7	Однослойная	54	3	1	18	1,2	–	0,348	46
			220/380	Δ/Y	17/9,8							62	2		31	1,08	–	1,11	
			380/660	Δ/Y	9,8/5,6							54	1		54	1,2	6,06	3,12	
			500	Y	7,4							41			41	1,35	–	1,87	
ВАО 41-8	2,2	720	127/220	Δ/Y	18,9/10,9	208/144	110	0,4	36	1–5	Двухслойная	64	2	1	16	1,04	–	0,93	46
			220/380	Δ/Y	10,9/6,3							108	2		27	0,8	–	2,65	
			380/660	Δ/Y	6,3/3,6							94	1		47	0,86	4,11	7,97	
			500	Y	5,0							144	2		36	0,69	–	4,72	
ВАО 42-8	3	720	127/220	Δ/Y	25,1/14,5	208/144	150	0,4	36	1–5	Двухслойная	48	2	1	12	1,2	–	0,618	46
			220/380	Δ/Y	14,5/8,4							40	1		20	1,3	–	1,745	
			380/660	Δ/Y	8,4/4,8							70			35	1,0	4,86	5,16	
			500	Y	6,4							54			26	1,16	–	2,84	

Таблица 8.27. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 5-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 51-2	10	2940	220/380	Δ/Y	25/30	243/140	135	0,7	24	1–10	Двухслойная	72	3	1	12	1,45	–	0,284	20
			380/660	Δ/Y	20/11,5							82	2		21	1,35	11,76	0,836	
			500	Y	15,5							96	3		16	1,25	–	0,527	
ВАО 52-2	13	2940	220/380	Δ/Y	45/26	243/140	170	0,7	24	1–10	Двухслойная	80	4	1	10	1,4	–	0,209	20
			380/660	Δ/Y	26,15							68	2		17	1,5	11,8	0,62	
			500	Y	20							78	3		13	1,4	–	0,361	
ВАО 51-4	7,5	1460	220/380	Δ/Y	26,5/15,3	243/158	135	0,6	36	1–8	Двухслойная	52	2	1	13	1,35	–	0,61	46
			380/660	Δ/Y	15,3/8,8							44	1		22	1,5	8,1	1,66	
			500	Y	11,6							68	2		17	1,16	–	1,08	
ВАО 52-4	10	1460	220/380	Δ/Y	35/20	243/158	170	0,6	36	1–8	Двухслойная	60	3	1	10	1,25	–	0,405	46
			380/660	Δ/Y	20/11,5							68	2		17	1,16	8,7	1,12	
			500	Y	15,3							52			13	1,35	–	0,675	
ВАО 51-6	5,5	970	127/220	Δ/Y	38/22	243/173	135	0,5	36	1–6	Двухслойная	36	2	1	9	1,5	–	0,318	46
			220/380	Δ/Y	22/13							62			16 и 15	1,16	6,18	0,885	
			380/660	Δ/Y	13/7,4							52	1		26	1,25	–	2,61	
			500	Y	9,7							40			20	1,4	–	1,6	
ВАО 52-6	7,5	970	220/380	Δ/Y	29,4/17,0	243/173	190	0,5	36	1–6	Двухслойная	44	2	1	11	1,35	–	0,566	46
			380/660	Δ/Y	17,0/9,8							38	1		19	1,5	7,68	1,58	
			500	Y	13							56	2		14	1,2	–	0,915	

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$п_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 51-8	4	730	127/220	Δ/Y	33/19	243/173	135	0,5	36	1–5	Двухслойная	40	2	1	10	1,45	–	0,349	46
			220/380	Δ/Y	19/11							36	1		18	1,5	–	1,17	
			380/660	Δ/Y	11/6,4							62			31	1,16	5,91	3,36	
			500	Y	8,4							46			23	1,35	–	1,84	
ВАО 52-8	5,5	730	127/220	Δ/Y	44/25,5	243/173	190	0,5	36	1–5	Двухслойная	42	3	1	7	1,4	–	0,211	46
			220/380	Δ/Y	25,5/15							52	2		13	1,25	–	0,735	
			380/660	Δ/Y	15/8,5							44	1		22	1,4	7,32	1,95	
			500	Y	11,2							68	2		17	1,08	–	1,27	

Таблица 8.28. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 6-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, $мин^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$п_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 62-2	17	2940	380/660	Δ/Y	32,5/18,7	291/153	165	0,85	36	1–12	Двухслойная	44	2	1	11	1,4	10,2	0,66	28
ВАО 61-4	13	1460	380/660	Δ/Y	26/15	291/180	150	0,5	36	1–8	Двухслойная	60	2	1	15	1,25	9,2	0,91	46
ВАО 62-4	17	1460	380/660	Δ/Y	33,5/19,5	291/180	210	0,5	36	1–8	Двухслойная	48	2	1	12	1,4	10,7	0,68	46
ВАО 61-6	10	970	380/660	Δ/Y	21/12	291/180	150	0,45	54	1–8	Двухслойная	28	1	1	14	1,56	9,1	1,51	64
ВАО 62-6	13	970	380/660	Δ/Y	27/15,5	291/180	210	0,45	54	1–8	Двухслойная	42	1	2	21	1,2	9,7	1,13	64
ВАО 61-8	7,5	730	380/660	Δ/Y	18,5/10,5	291/206	150	0,45	54	1–7	Двухслойная	32	1	1	16	1,45	8,7	1,93	64
ВАО 62-8	10	730	380/660	Δ/Y	23,5/13,5	291/206	210	0,45	54	1–7	Двухслойная	24	1	1	12	1,62	9,6	1,38	64

Таблица 8.29. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 7-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 71-2	22	2940	380/660	Δ/Y	41,5/24	343/183	145	1,0	36	1–12	Двухслойная	40	2	1	10	1,68	–	0,432	28
ВАО 72-2	30	2940	380/660	Δ/Y	56/32,6	343/183	190	1,0	36	1–12	Двухслойная	48	3	1	8	1,5	–	0,317	28
ВАО 71-4	22	1460	380/660	Δ/Y	42/25	343/214	190	0,7	36	1–8	Двухслойная	40	2	1	10	1,68	–	0,41	46
ВАО 72-4	30	1460	380/660	Δ/Y	58/33,5	343/214	250	0,7	36	1–8	Двухслойная	48	3	1	8	1,56	–	0,28	46
ВАО 71-6	17	980	380/660	Δ/Y	35,5/20,5	343/245	190	0,55	54	1–8	Двухслойная	36	2	1	9	1,45	–	0,672	64
ВАО 72-6	22	980	380/660	Δ/Y	43,5/25	343/245	250	0,55	54	1–8	Двухслойная	30	1	2	15	1,62	–	0,518	64
ВАО 71-8	13	735	380/660	Δ/Y	30/17,7	343/245	190	0,55	54	1–7	Двухслойная	44	2	1	11	1,3	–	0,99	64
ВАО 72-8	17	735	380/660	Δ/Y	38/22	343/245	250	0,55	54	1–7	Двухслойная	34	1	2	17	1,5	–	0,665	64

Таблица 8.30. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 8-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 81-2	40	2950	380/660	Δ/Y	77,5/45	393/211	200	1,1	36	1–12	Двухслойная	52	2	2	13	1,68	–	0,17	28
ВАО 82-2	55	2950	380/660	Δ/Y	107,5/62	393/211	250	1,1	36	1–12	Двухслойная	40	2	2	10	1,56	–	0,111	28
ВАО 81-4	40	1470	380/660	Δ/Y	77/44,5	393/247	210	0,9	48	1–11	Двухслойная	44	2	2	11	1,68	–	0,174	58
ВАО 82-4	55	1470	380/660	Δ/Y	105/61	393/247	280	0,9	48	1–11	Двухслойная	51	3	2	8 и 9	1,56	–	0,118	58
ВАО 81-6	30	980	380/660	Δ/Y	59,5/35	393/285	210	0,8	72	1–11	Двухслойная	33	3	1	5 и 6	1,56	–	0,364	82
ВАО 82-6	40	980	380/660	Δ/Y	78,5/45,5	393/285	280	0,8	72	1–11	Двухслойная	34	2	2	8 и 9	1,56	–	0,244	82
ВАО 81-8	22	735	380/660	Δ/Y	45/28	393/285	210	0,8	72	1–8	Двухслойная	42	3	1	7	1,4	–	0,51	82
ВАО 82-8	30	735	380/660	Δ/Y	65/38	393/285	280	0,8	72	1–8	Двухслойная	42	2	2	10 и 11	1,4	–	0,34	28

Таблица 8.31. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО 9-го габарита

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{з1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	Диаметр провода	G_1	r_1	Z_2
ВАО 91-2	75	2960	380/660	Δ/Y	145/83,5	458/247	220	1,5	36	1–12	Двухслойная	10	1	1	5	3,05× 6,4	–	0,0738	28
ВАО 92-2	100	2960	380/660	Δ/Y	190/110	458/247	275	1,5	36	1–12	Двухслойная	8	1	1	4	3,8× 6,4	–	0,0507	38
ВАО 91-4	75	1470	380/660	Δ/Y	164/84	458/290	240	0,9	48	1–11	Двухслойная	9	1	1	4 и 5	3,28× 6,4	–	0,077	38
ВАО 92-4	100	1470	380/660	Δ/Y	195/113	458/290	330	0,9	48	1–11	Двухслойная	13	1	2	6 и 7	2,1× 6,4	–	0,0505	58
ВАО 91-6	55	980	380/660	Δ/Y	109/63	458/334	240	0,7	72	1–11	Двухслойная	8	1	1	4	2,83× 5,5	–	0,13	58
ВАО 92-6	75	980	380/660	Δ/Y	148/85,5	458/334	330	0,7	72	1–11	Двухслойная	6	1	1	3	3,8× 5,5	–	0,084	58
ВАО 91-8	40	735	380/660	Δ/Y	88/51	458/334	240	0,7	72	1–8	Двухслойная	10	1	1	5	2,1× 5,9	–	0,197	58
ВАО 92-8	55	735	380/660	Δ/Y	116/67	458/334	330	0,7	72	1–8	Двухслойная	8	1	1	4	2,83× 5,5	–	0,135	

Примечание. Обмотки статоров электродвигателей 0—5-го габаритов выполнены проводом марки ПЭТВ с изоляцией паза класса В, 6—9-го габаритов — проводом марки ПСДК с изоляцией паза класса Н.

8.6. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей серии ВАО с высотой оси вращения 315, 355 и 450 мм

Таблица 8.32. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей ВАО 315

Тип электродвигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	$n_{з1}$	m_1	a_1	$w_ф$	a x b, мм	G_1	r_1	Z_2
ВАО 315 S-2	132	2963	380/660	Δ/Y	241/139	520/290	270	1,8	48	1–14	12	1	2	48	3,05×6,9	10,0	0,03	40
ВАО 315 M-2	160	2963	380/660	Δ/Y	288/166	520/290	335	1,8	48	1–14	10	1	2	40	3,8×6,9	10,5	0,0217	40
ВАО 315 S-4	132	1482	380/660	Δ/Y	212/140	520/340	300	1,2	60	1–13	10	1	2	50	2,83×5,9	10,8	0,0368	50

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соеди-нение фаз	I_1, А	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_ф$	a x b, мм	G_1	r_1	Z_2
ВАО 315 М-4	160	1483	380/660	Δ/Y	291/161	520/340	375	1,2	60	1–13	8	1	2	40	3,53×5,9	17,6	0,026	50
ВАО 315 S-6	110	987	380/660	Δ/Y	206/119	520/360	300	0,8	72	1–11	10	1	2	66	2,83×5,9	13,6	0,0445	58
ВАО 315 М-6	132	987	380/660	Δ/Y	244/141	520/360	375	0,8	72	1–11	4+5	1	2	54	3,53×5,9	14,5	0,0326	58
ВАО 315 S-8	75	738	380/660	Δ/Y	149/85	520/370	260	0,7	72	1–8	16	1	2	96	1,95×5,9	51,8	0,0757	58
ВАО 315 S-8	90	737	380/660	Δ/Y	177/102	520/370	300	0,7	72	1–8	14	1	2	84	2,25×5,9	66	0,054	58
ВАО 315 М-8	110	738	380/660	Δ/Y	217/125	520/370	375	0,7	72	1–8	5+6	1	2	66	3,05×5,9	80,5	0,0417	58
ВАО 315 S-10	55	591	380/660	Δ/Y	128/74	520/370	300	0,7	72	1–7	16	1	2	96	1,95×5,9	60	0,0707	58
ВАО 315 М-10	75	590	380/660	Δ/Y	168/97	520/370	370	0,7	72	1–7	6+7	1	2	78	2,44×5,9	73	0,066	58

Таблица 8.33. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей ВАО 355

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соеди-нение фаз	I_1, А	Статор												Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_ф$	a x b, мм	G_1	r_1	Z_2
ВАО 355 М-2	200	2970	380/660	Δ/Y	364/210	590/320	335	2,0	48	1–15	16	2	2	32	2,63×6,9	106,5	0,0135	40
ВАО 355 L-2	250	2970	660	Y	260	590/320	415	2,0	48	1–15	24	2	2	48	1,68×6,9	109	0,0322	40
ВАО 355 М-4	200	1485	380/660	Δ/Y	365/211	590/380	350	1,6	60	1–13	8+8	1	4	40	2,44×6,9	112,5	0,0168	50
ВАО 355 L-4	250	1484	660	Y	260	590/380	430	1,6	60	1–13	7+7	1	4	35	2,83×6,9	122,4	0,0135	50
ВАО 355 М-6	160	988	380/660	Δ/Y	297/172	590/405	350	1,0	72	1–11	6+7	1	3	52	2,83×6,9	115,5	0,0225	58
ВАО 355 L-6	200	988	380/660	Δ/Y	365/211	590/405	430	1,0	72	1–11	5+6	1	3	44	3,53×6,9	137	0,0169	58
ВАО 355 М-8	132	741	380/660	Δ/Y	250/145	590/430	350	0,8	72	1–8	5+6	1	2	66	3,28×6,9	100,6	0,0328	58
ВАО 355 L-8	160	741	380/660	Δ/Y	303/175	590/430	430	0,8	72	1–8	4+5	1	2	54	4,1×6,9	115,4	0,0224	58

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор											Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_ф$	a x b, мм	G_1	r_1	Z_2
ВАО 355 М-10	90	593	380/660	Δ/Y	190/110	590/430	300	0,8	72	1–7	14	1	2	84	2,44×6,9	83,5	0,05	58
ВАО 355 М-10	110	593	380/660	Δ/Y	230/133	590/430	350	0,8	72	1–7	12	1	2	72	3,05×6,9	98,8	0,037	58
ВАО 355 L-10	132	593	380/660	Δ/Y	272/157	590/430	430	0,8	72	1–7	10	1	2	60	3,55×6,9	110,0	0,0302	58

Таблица 8.34. Обмоточные данные взрывозащищенных электродвигателей ВАО 450

Тип электро-двигателя	P, кВт	n, мин$^{-1}$	U_1, В	Соединение фаз	I_1, А	Статор											Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	Z_1	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_ф$	a x b, мм	G_1	r_1	Z_2
ВАО 450 S-2	320	2975	660	Δ	327	660/360	450	2,9	48	1–15	20	2	2	40	2,25× 6,9	133,8	0,0233	40
ВАО 450 S-4	320	1486	660	Δ	335	660/430	470	1,8	60	1–13	18	1	4	45	2,25× 6,9	139,3	0,0243	50
ВАО 450 S-6	250	90	660	Δ	260	660/460	470	1,3	72	1–11	10	1	2	55	3,8× 6,9	158	0,038	58
ВАО 450 М-6	320	990	660	Δ	330	660/460	590	1,3	72	1–11	6+7	1	3	52	3,05×6,9	171	0,0285	58
ВАО 450 S-8	200	743	380/660	Δ/Y	374/216	660/480	470	1,0	72	1–8	7+8	1	4	45	2,44× 6,9	123,1	0,0184	58
ВАО450 М-8	250	743	660	Δ	269	660/480	590	1,0	72	1–8	12	1	4	36	3,05× 6,9	144,0	0,0135	58
ВАО 450 S-10	160	593	380/660	Δ/Y	340/196	660/480	470	1,0	72	1–7	16	2	2	48	2,26× 6,9	117,1	0,0204	58
ВАО 450 М-10	200	593	380/660	Δ/Y	402/232	660/480	590	1,0	72	1–7	6+8	2	2	42	2,63×6,9	139,8	0,0177	58

Примечания.

1. Обмотка статора двухслойная, выполнена проводом марки ПСД.

2. Односторонняя толщина пазовой изоляции для электродвигателей с высотой оси вращения 315 и 355 мм — 0,9 мм, а для электродвигателей с высотой оси вращения 455 мм — 1 мм.

3. При двойных проводниках в пазу витковая изоляция между ними не ставится.

8.7. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей

8.7.1. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей серии АО2 1—9-го габаритов на напряжение 380 В

Таблица 8.35. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 1 и 2-го габаритов

Тип электро-двигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АОЛ2-11-4/2	4/2	0,45	1410	1,4	Δ/YY	133/80	54	0,3	24	1–8	Двухслойная	4	143	1	1	1144	0,35	1,2	81,0	22
		0,6	2730	1,5											2	572			20,2	
АОЛ2-12-4/2	4/2	0,6	1410	1,7	Δ/YY	133/80	67	0,3	24	1–8	Двухслойная	4	110	1	1	880	0,41	1,34	50,4	22
		0,85	2750	2,1											2	440			12,6	
АОЛ2-21-4/2	4/2	0,7	1420	3	Δ/YY	153/94	70	0,3	24	1–8	Двухслойная	4	100	1	1	800	0,49	1,79	33,2	22
		0,9	2770	3											2	400			8,3	
АОЛ2-22-4/2	4/2	1	1420	3,6	Δ/YY	153/94	97	0,3	24	1–8	Двухслойная	4	79	1	1	632	0,57	2,15	21,7	22
		1,4	2770	3,2											2	316			3,4	
АО2-11-4/2	4/2	0,45	1410	1,4	Δ/YY	133/80	52	0,25	24	1–8	Двухслойная	4	125	1	1	1000	0,38	1,16	57,4	22
		0,85	2750	1,5												500			14,3	
АО2-12-4/2	4/2	0,6	1420	1,7	Δ/YY	133/80	65	0,25	24	1–8	Двухслойная	4	110	1	1	880	0,41	1,26	46,3	22
		0,85	2770	2,1											2	440			11,6	
АО2-21-4/2	4/2	1,0	1420	3,0	Δ/YY	153/94	70	0,25	24	1–8	Двухслойная	4	88	1	1	704	0,53	1,87	25,1	22
		1,3	2770	3,0											2	352			6,27	
АО2-22-4/2	4/2	1,4	1420	3,6	Δ/YY	153/94	95	0,25	24	1–8	Двухслойная	4	67	1	1	536	0,62	2,18	15,5	22
		1,9	2770	3,2											2	268			3,87	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.36. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 3-го габарита

Тип электро-двигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соеди-нение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АОЛ2-31-4/2	4/2	1,8	1450	4,53	Δ/YY	180/112	90	0,35	36	1–11	Двухслойная	6	46	1	1	552	0,72	3,1	12,3	26
		2,3	2850	5,3											2	276			3,08	
АОЛ2-32-4/2	4/2	2,3	1450	5,4	Δ/YY	180/112	117	0,35	36	1–11	Двухслойная	6	35	1	1	420	0,83	3,5	7,8	26
		2,9	2850	6,2											2	210			1,95	
АОЛ2-31-6/4 P = const	6/4	0,9	950	2,7	Y	180/112	90	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	67	1	1	402	0,64	1,45	9,15	26
			1440	2,2	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	55	1	1	330	0,62	1,31	9,35	
АОЛ2-32-6/4 P = const	6/4	1,2	950	3,4	Y	180/112	117	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,72	1,61	6,35	26
			1440	2,9	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	45	1	1	270	0,69	1,47	6,9	
АОЛ2-31-6/4 M = const	6/4	0,75	940	2,5	Y	180/112	90	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	67	1	1	402	0,59	1,24	10,8	26
		1,1	1440	2,7	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	52	1	1	312	0,69	1,52	7,1	
АОЛ2-32-6/4 M = const	6/4	1,1	940	3,2	Y	180/112	117	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,69	1,49	6,9	26
		1,6	1440	3,8	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	41	1	1	246	0,77	1,67	5,0	
АОЛ2-31-6/4/2	6	0,75	940	2,4	Y	180/112	90	0,33	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	74	1	1	444	0,53	1,1	14,7	26
	4/2	0,9	1440	2,5	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	56	1	1	672	0,47	1,62	35,3	
		1,2	2800	2,93											2	336			8,83	
АОЛ2-32-6/4/2	6	1,1	940	3,27	Y	180/112	117	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,67	1.41	7,35	26
	4/2	1,3	1440	3,3	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	39	1	1	468	0,55	1,72	19,8	
		1,7	2800	3,29											2	234			4,95	

Тип электро-двигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, A	Соеди-нение фаз	Статор D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор z_2
АО2-31-4/2	4/2	1,8	1450	4,53	Δ/YY	180/112	88	0,3	36	1–11	Двухслойная	6	43	1	1	516	0,74	2,99	10,5	26
		2,3	2850	5,3											2	258			2,63	
АО2-32-4/2	4/2	2,3	1450	5,4	Δ/YY	180/112	115	0,3	36	1–11	Двухслойная	6	35	1	1	420	0,83	3,39	7,55	26
		2,9	2850	6,2											2	210			1,88	
АО2-31-6/4 P = const	6/4	0,9	950	2,7	Y	180/112	88	0,3	36	1–8;2–7	Однослойная	2	67	1	1	402	0,64	1,46	9,15	26
			1440	2,2	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	55	1	1	330	0,62	1,28	9,12	
АО2-32-6/4 P = const	6/4	1,2	950	3,4	Y	180/112	115	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,72	1,61	6,35	26
			1440	2,9	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	45	1	1	270	0,69	1,45	6,73	
АО2-31-6/4 M = const	6/4	0,75	950	2,5	Y	180/112	88	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	67	1	1	402	0,59	1,24	10,8	26
		1,1	1440	2,7	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	52	1	1	312	0,69	1,50	6,95	
АО2-32-6/4 M = const	6/4	1,1	950	3,2	Y	180/112	115	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,69	1,49	6,9	26
		1,6	1440	3,8	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	41	1	1	246	0,77	1,64	4,92	
АО2-31-6/4/2	6	0,75	940	2,4	Y	180/112	88	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	68	1	1	408	0,57	1,18	11,75	26
	4/2	0,9	1440	2,5	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	50	1	1	600	0,49	1,52	27,9	
		1,2	2800	2,93											2	300			6,97	
АО2-32-6/4/2	6	1,1	940	3,27	Y	180/112	115	0,3	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	52	1	1	312	0,67	1,41	7,35	26
	4/2	1,3	1440	3,3	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	39	1	1	468	0,55	1,56	19,2	
		1,7	2800	3,39											2	234			4,8	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.37. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 4-го габарита

Тип электро-двигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Соеди-нение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-41-4/2	4/2	3,3	1460	7,26	Δ/YY	208/133	110	0,35	36	1–11	Двухслойная	6	33	1	1	396	1,04	5,58	4,96	26
		4,1	2860	8,6											2	198			1,24	
АО2-42-4/2	4/2	4,7	1450	9,77	Δ/YY	208/133	148	0,35	36	1–11	Двухслойная	6	25	1	1	300	1,20	6,35	3,17	26
		5,5	2880	11,3											2	150			0,793	
АО2-41-6/4 P = const	6/4	1,8	950	4,7	Y	208/133	110	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	47	1	1	282	0,96	2,86	3,28	26
			1450	4,2	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	41	1	1	246	0,83	2,06	4,49	
АО2-42-6/4 P = const	6/4	2,4	950	6,2	Y	208/133	148	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	35	1	1	210	1,12	3,15	2,07	26
			1450	5,47	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	31	1	1	186	0,90	2,07	3,28	
АО2-41-6/4 M = const	6/4	1,6	950	4,21	Y	208/133	110	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	49	1	1	294	0,86	2,25	4,26	26
		2,3	1440	5,2	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	37	1	1	222	0,96	2,48	3,03	
АО2-42-6/4 M = const	6/4	2,1	950	5,46	Y	208/133	148	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	38	1	1	228	0,96	2,51	3,07	26
		3,0	1440	5,87	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	29	1	1	174	1,12	3,01	1,97	
АО2-41-8/4	8/4	1,6	685	4,8	Δ/YY	208/144	110	0,35	36	1–6	Двухслойная	3	54	1	1	648	0,8	4,23	10,7	33
		2,5	1370	5,44											2	324			2,68	
АО2-42-8/4	8/4	2,3	685	6,87	Δ/YY	208/144	148	0,35	36	1–6	Двухслойная	3	40	1	1	480	0,93	4,90	6,82	33
		3,9	1370	8,35											2	240			1,70	
АО2-41-6/4/2	6	1,7	940	4,47	Y	208/133	110	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	49	1	1	294	0,86	2,25	4,26	26
	4/2	2,0	1440	4,7	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	35	1	1	420	0,69	2,61	11,9	
		2,4	2800	5,54											2	210			2,99	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-42-6/4/2	6	2,1	940	5,46	Y	208/133	148	0,35	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	38	1	1	228	0,96	2,51	3,07	26
	4/2	2,4	1440	5,5	Δ/YY					1–11	Двухслойная	6	30	1	1	360	0,74	2,90	10,0	
		2,9	2800	6,6											2	180			2,50	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.38. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 5-го габарита

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
AQ2-51-4/2	4/2	6,1	1450	12,8	Δ/YY	243/158	135	0,45	36	1–11	Двухслойная	6	22	1	1	264	1,5	9,0	1,87	26
		7,3	2880	15,0											2	132			0,468	
АО2-52-4/2	4/2	8,3	1450	17,6	Δ/YY	208/158	170	0,45	36	1–11	Двухслойная	6	18	2	1	216	1,16	10,8	1,41	26
		10,2	2880	20,5											2	108			0,353	
АО2-51-6/4 P = const	6/4	3,7	960	8,9	Y	243/158	135	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	33	1	1	198	1,35	4,4	1,4	26
			1470	8,06	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	25	1	1	150	1,25	3,38	1,44	
АО2-52-6/4 P = const	6/4	4,7	940	10,9	Y	243/158	170	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	27	1	1	162	1,50	4,98	1,03	26
			1470	10,1	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	20	1	1	120	1,40	3,73	1,02	
АО2-51-6/4 M = const	6/4	3,1	960	7,7	Y	243/158	135	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	35	1	1	210	1,2	3,73	1,87	26
		4,7	1450	10,7	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	23	1	1	138	1,45	4,17	0,99	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор: z_2
АО2-52-6/4 M = const	6/4	4,5	960	10,3	Y	243/158	170	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	26	1	1	156	1,40	4,18	1,14	26
		6,7	1450	13,2	Y					1–12; 2–11; 3–10		3	19	1	1	114	1,62	4,73	0,724	
АО2-51-8/4	8/4	3,0	685	8,1	Δ/YY	243/173	135	0,4	36	1–6	Двухслойная	3	36	1	1	423	1,12	6,5	1,32	26
		4,8	1370	9,8											2	216			1,08	
АО2-52-8/4	8/4	4,1	695	10,9	Δ/YY	243/173	190	0,4	36	1–	Двухслойная	3	27	1	1	324	1,3	7,85	2,87	26
		6,6	1370	13,4											2	162			0,717	
АО2-51-6/4/2	6	3,0	940	7,8	Y	243/158	135	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	35	1	1	210	1,20	3,73	1,88	26
	4/2	3,3	1440	7,3	Δ/YY					1–10	Двухслойная	6	28	1	1	336	0,93	4,46	6,26	
		4,0	2850	9,11											2	168			1,57	
АО2-52-6/4/2	6	4,0	940	10,1	Y	243/158	170	0,45	36	1–8; 2–7	Однослойная	2	28	1	1	168	1,35	4,18	1,33	26
	4/2	4,5	1440	9,8	Δ/YY					1–10	Двухслойная	6	22	1	1	264	1,04	4,8	4,3	
		5,7	2850	12,8											2	132			1,07	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.39. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 6-го габарита

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	Ротор: z_2
АО2-61-4/2	4/2	8,5	1450	18,2	Δ/YY	291/180	135	0,55	36	1–11	Двухслойная	6	18	2	1	216	1,25	11,2	1,215	26
		10	2880	20,1											2	108			0,304	
АО2-62-4/2	4/2	11,5	1450	24,1	Δ/YY	291/180	165	0,55	36	1–11	Двухслойная	6	15	2	1	180	1,40	12,6	0,87	26
		14,5	2880	25,8											2	90			0,218	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-61-8/4	8/4	5,5	695	13,8	Δ/YY	291/206	150	0,4	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	20	1	1	360	1,45	9,8	2,30	44
		8,5	1400	17,3											2	180			0,575	
АО2-62-8/4	8/4	7,0	700	17,1	Δ/YY	291/206	190	0,4	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	15	1	1	270	1,62	10,4	1,60	44
		10,5	1400	21,1											2	135			0,40	
АО2-61-12/6	12/6	3,2	460	11,3	Δ/YY	291/206	150	0,4	54	1–6	Двухслойная	3	25	1	1	450	1,30	8,8	3,16	44
		6,0	920	12,9											2	225			0,79	
АО2-62-12/6	12/6	3,8	465	14,2	Δ/YY	291/206	190	0,4	54	1–6	Двухслойная	3	21	1	1	378	1,40	9,86	2,64	44
		7,5	920	15,4											2	189			0,66	
АО2-61-8/6/4	8/4	3,8	710	10,3	Δ/YY	291/206	150	0,4	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	20	1	1	360	1,08	5,48	4,16	44
		6,0	1450	12,6											2	180			1,04	
	6	4,8	950	11,5	Y					1–8	Двухслойная	3	17	1	2	306	0,96	3,71	1,12	
АО2-62-8/6/4	8/4	4,8	710	12,6	Δ/YY	291/206	190	0,4	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	17	1	1	306	1,20	6,53	3,6	44
		7,5	1430	15,4											2	153			0,9	
	6	5,7	950	12,6	Y					1–8	Двухслойная	3	15	1	2	270	1,04	4,34	0,965	
АО2-61-12/8/6/4	12/6	1,6	460	7,02	Δ/YY	291/206	150	0,4	54	1–6	Двухслойная	3	31	1	1	558	0,80	4,15	10,7	44
		3,2	910	7,22											2	279			2,68	
	8/4	3,2	700	8,65	Δ/YY					1–8	Двухслойная	4 и 5	22	1	1	396	0,90	4,16	2,68	
		5,0	1400	10,6											2	198			1,67	
АО2-62-12/8/6/4	12/6	2,0	470	8,52	Δ/YY	291/206	190	0,4	54	1–6	Двухслойная	3	24	1	1	432	0,90	4,92	7,4	44
		4,6	910	10,2											2	216			1,85	
	8/4	4,6	700	10,7	Δ/YY					1–8	Двухслойная	4 и 5	17	1	1	306	1,04	4,64	4,08	
		6,5	1400	13,6											2	153			1,02	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.40. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 7-го габарита

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-71-4/2	4/2	15,5	1450	32,0	Δ/YY	343/214	165	0,7	36	1–11	Двухслойная	6	12	3	1	144	1,40	17,4	0,546	44
		19,5	2880	38,5											2	72			0,136	
АО2-72-4/2	4/2	19,0	1450	38,7	Δ/YY	343/214	205	0,7	36	1–11	Двухслойная	6	10	3	1	120	1,56	19,4	0,397	44
		24,5	2880	47,5											2	60			0,099	
АО2-71-8/4	8/4	10,0	700	22,7	Δ/YY	343/245	165	0,5	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	14	2	1	252	1,30	12,6	1,19	44
		14,5	1400	28,2											2	126			0,297	
АО2-72-8/4	8/4	13,5	700	30,2	Δ/YY	343/245	205	0,5	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	12	2	1	216	1,50	16,0	0,256	44
		19,5	1400	36,6											2	108			0,214	
АО2-71-12/6	12/6	6,4	470	22,6	Δ/YY	343/245	165	0,5	54	1–6	Двухслойная	3	18	2	1	324	1,20	12,3	1,61	44
		11,0	950	22,1											2	162			0,405	
АО2-72-12/6	12/6	7,5	480	28,4	Δ/YY	343/245	205	0,5	54	1–6	Двухслойная	3	14	2	1	252	1,40	14,7	1,04	44
		14,0	950	30,1											2	126			0,252	
АО2-71-8/6/4	8/4	7,1	725	17,5	Δ/YY	343/245	165	0,5	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	15	1	1	270	1,40	7,9	2,13	44
		10,5	1450	21,2											2	135			0,532	
	6	8,3	965	17,9	Y					1–8	Двухслойная	3	7	2	1	126	1,16	4,9	0,717	
АО2-72-8/6/4	8/4	9,2	725	22,4	Δ/YY	343/245	205	0,5	54	1–8	Двухслойная	4 и 5	12	1	1	216	1,56	8,4	1,54	44
		13,5	1450	27,0											2	108			0,384	
	6	10,7	965	22,8	Y					1–8	Двухслойная	3	5	2	1	90	1,30	4,8	0,452	
АО2-71-12/8/6/4	12/6	3,3	480	12,6	Δ/YY	343/245	165	0,5	54	1–6	Двухслойная	3	23	1	1	414	1,0	5,3	5,55	44
		5,8	930	12,2											2	207			1,39	
	8/4	5,8	710	14,5	Δ/YY					1–8	Двухслойная	4 и 5	16	1	1	288	1,20	6,0	3,08	
		8,6	1420	17,9											2	144			0,77	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-72-12/8/6/4	12/6	4,2	480	15,5	Δ/YY	343/245	205	0,5	54	1–6	Двухслойная	3	17	1	1	306	1,20	6,2	3,24	44
		8,5	930	17,5											2	153			0,81	
	8/4	7,5	710	18,3	Δ/YY					1–8	Двухслойная	4 и 5	13	1	1	234	1,35	6,75	2,21	
		12,0	1420	23,9											2	117			0,552	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

Таблица 8.41. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 8-го габарита

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-81-4/2	4/2	32	1450	58,9	Δ/YY	393/247	190	0,9	48	1–14	Двухслойная	8	7	5	1	112	1,5	27,6	0,232	58
		38	2940	69,5											2	56			0,058	
АО2-82-4/2	4/2	38	1450	68,7	Δ/YY	393/247	245	0,9	48	1–14	Двухслойная	8	6	6	1	96	1,45	30,4	0,204	58
		45	2940	80,7											2	48			0,051	
АО2-81-8/4	8/4	19,0	735	41,6	Δ/YY	393/285	190	0,6	72	1–11	Двухслойная	6	8	3	1	192	1,50	22,5	0,538	58
		28,0	1460	51,9											2	96			0,135	
АО2-82-8/4	8/4	24,0	735	51,8	Δ/YY	393/285	260	0,6	72	1–11	Двухслойная	6	6	4	1	144	1,50	26,4	0,354	58
		34,0	1470	61,7											2	72			0,885	
АО2-81-12/6	12/6	10,0	490	32,1	Δ/YY	393/285	190	0,6	72	1–8	Двухслойная	4	11	2	1	264	1,56	19,7	0,905	58
		19,0	970	36,8											2	132			0,226	
АО2-82-12/6	12/6	14,0	490	44,4	Δ/YY	393/285	260	0,6	72	1–8	Двухслойная	4	8	3	1	192	1,50	23,0	0,556	58
		25,0	970	47,9											2	96			0,139	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-81-8/6/4	8/4	13,0	725	31,0	Δ/YY	393/285	190	0,6	72	1–11	Двухслойная	6	8	2	1	192	1,35	12,3	0,983	58
		19,0	1450	36,9											2	96			0,244	
	6	15,0	965	30,5	Y					1–11	Двухслойная	4	4	2	1	96	1,62	8,85	0,340	
АО2-82-8/6/4	8/4	17,0	725	36,2	Δ/YY	393/285	260	0,6	72	1–11	Двухслойная	6	7	2	1	168	1,45	12,4	0,855	58
		25,0	1450	47,4											2	84			0,217	
	6	20,0	965	39,2	Y					1–11	Двухслойная	4	3	4	1	72	1,30	8,6	0,230	
АО2-81-12/8/6/4	12/6	5,6	485	18,6	Δ/YY	393/285	190	0,6	72	1–8	Двухслойная	6	13	1	1	312	1,45	9,85	2,44	58
		12,0	930	23,8											2	156			0,61	
	8/4	9,0	710	21,6	Δ/YY					1–11	Двухслойная	4	9	1	1	216	1,50	8,35	1,79	
		15,0	1420	27,9											2	108			0,447	
АО2-82-12/8/6/4	12/6	8,0	485	24,3	Δ/YY	393/285	260	0,6	72	1–8	Двухслойная	6	10	1	1	240	1,62	11,0	1,75	58
		15,0	960	29,5											2	120			0,438	
	8/4	13,0	725	29,9	Δ/YY					1–11	Двухслойная	4	7	2	1	168	1,25	10,5	1,15	
		29,0	1445	38,2											2	84			0,29	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

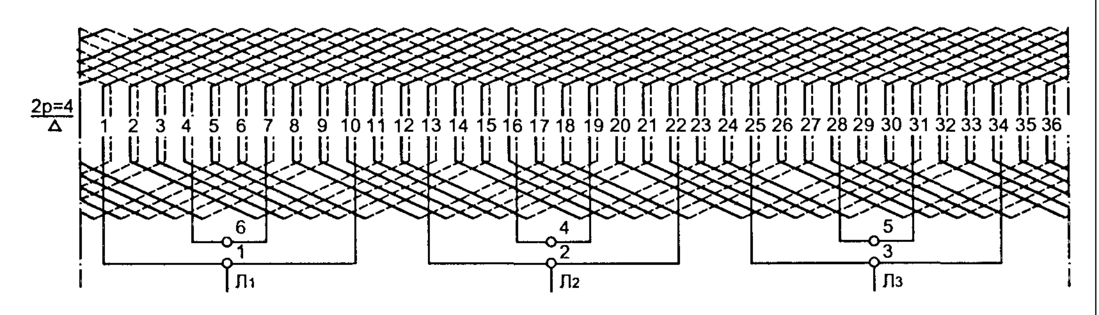
Таблица 8.42. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей АО2 9-го габарита

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, мин$^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-91-8/4	8/4	34,4	735	68,0	Δ/YY	458/334	240	0,7	72	1–11	Двухслойная	6	5	5	1	120	1,62	34,7	0,214	58
		50,6	1470	90,8												60			0,0535	
АО2-92-8/4	8/4	46,8	735	91,2	Δ/YY	458/334	330	0,7	72	1–11	Двухслойная	6	4	6	1	96	1,62	40,0	0,168	58
		65,4	14760	115,2											2	48			0,0419	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор														Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	Тип обмотки	$n_{к1}$	$w_{к1}$	m_1	a_1	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
АО2-91-12/6	12/6	22,0	490	53,0	Δ/YY	458/334	240	0,7	72	1–8	Двухслойная	4	7 и 8	4	1	180	1,45	28,2	0,433	58
		35,8	975	67,2											2	90			0,108	
АО2-92-12/6	12/6	29,5	490	71,0	Δ/YY	458/334	330	0,7	72	1–8	Двухслойная	4	5 и 6	5	1	132	1,56	36,0	0,264	58
		53,3	975	99,3											2	66			0,066	
АО2-91-8/6/4	8/4	24,0	725	49,3	Δ/YY	458/334	240	0,7	72	1–11	Двухслойная	6	6	3	1	144	1,45	19,6	0,532	58
		31,9	1450	48,0											2	72			0,133	
	6	26,0	970	51,4	Y					1–11	Двухслойная	4	8	2	3	64	1,25	12,9	0,159	
АО2-92-8/6/4	8/4	32,7	725	65,9	Δ/YY	458/334	330	0,7	72	1–11	Двухслойная	6	4	4	1	96	1,56	23,0	0,269	58
		48,0	1450	66,5											2	48			0,0675	
	6	36,2	970	92,1	Y					1–11	Двухслойная	4	6	2	3	48	1,45	15,1	0,104	
АО2-91-12/8/6/4	12/6	13,2	485	35,8	Δ/YY	458/334	240	0,7	72	1–8	Двухслойная	6	8	2	1	192	1,40	14,0	0,996	58
		22,6	960	43,5											2	96			0,249	
	8/4	19,9	725	40,5	Δ/YY					1–11	Двухслойная	4	6	2	1	144	1,62	16,4	0,641	
		27,7	1445	52,2											2	72			0,160	
АО2-92-12/8/6/4	12/6	18,9	485	49,0	Δ/YY	458/334	330	0,7	72	1–8	Двухслойная	6	6	2	1	144	1,62	17,2	0,670	58
		32,4	960	61,7											2	72			0,167	
	8/4	26,6	725	55,0	Δ/YY					1–11	Двухслойная	4	5	3	1	120	1,40	17,9	0,560	
		39,1	1445	72,9											2	60			0,140	

Примечание. Обмотку статора выполняют проводом марки ПЭТВ.

8.7.2. Примеры схем обмоток статора двухскоростных электродвигателей с переключением Δ/YY



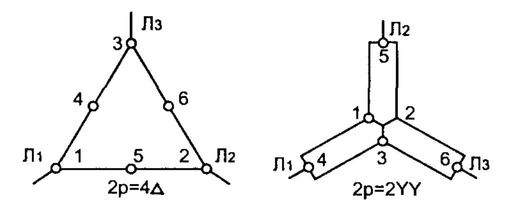


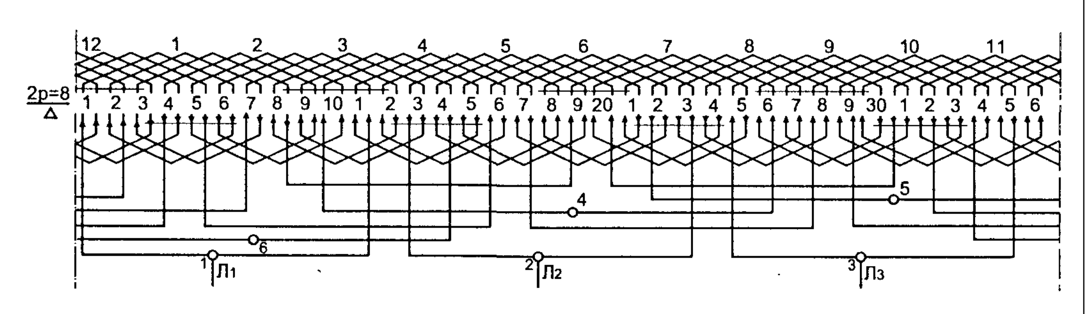
Рис. 8.1. Схема выводов обмотки статора, соединение выводов и подключение к сети:

• Соединение
2p = 4
$Л_1$ — 1
$Л_2$ — 2
$Л_3$ — 3
Свободны 4, 5, 6

• ΔСоединение YY
2p = 2
$Л_1$ — 4
$Л_2$ — 5
$Л_3$ — 6
Y — 1, 2, 3

• Соединение Δ
2p = 8
$Л_1$ — 1
$Л_2$ — 2
$Л_3$ — 3
Свободны 4, 5, 6

• Соединение YY
2p = 4
$Л_1$ — 4
$Л_2$ — 5
$Л_3$ — 6
Y — 1, 2, 3



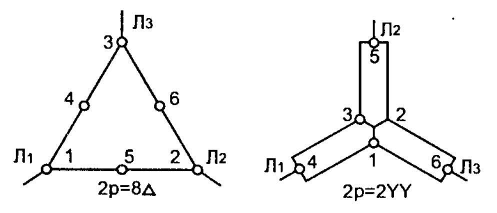


Рис. 8.2. Схема выводов обмотки статора, соединение выводов и подключение к сети:

- Соединение Δ

2p = 8

$Л_1$ — 1

$Л_2$ — 2

$Л_3$ — 3

Свободны 4, 5, 6

- Соединение YY

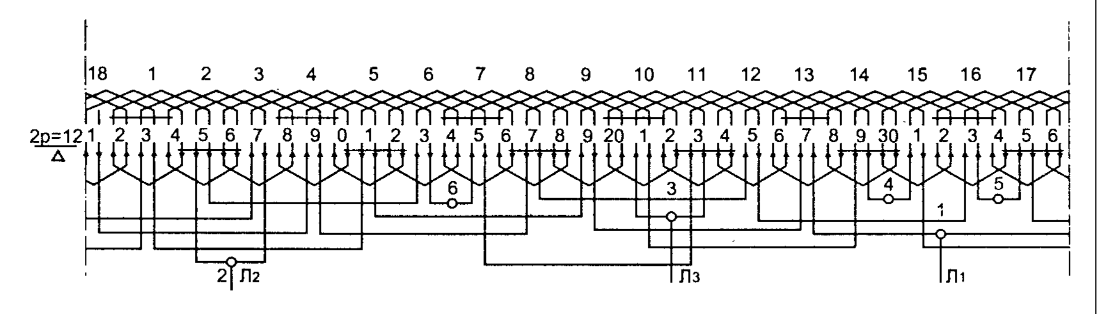
2p = 4

$Л_1$ — 4

$Л_2$ — 5

$Л_3$ — 6

Y — 1, 2, 3



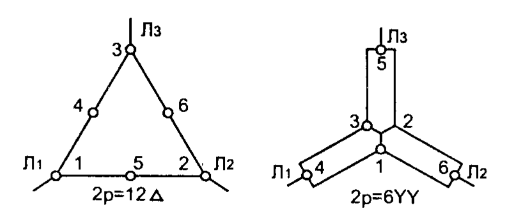


Рис. 8.3 Схема выводов обмотки статора, соединение выводов и подключение к сети:

• Соединение Δ
2р = 12
$Л_1$ — 1
$Л_2$ — 2
$Л_3$ — 3
Свободны 4, 5, 6

• Соединение YY
2р = 6
$Л_1$ — 4
$Л_2$ — 5
$Л_3$ — 6
Y — 1, 2, 3

8.7.3. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей серии 4А132

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132S4/2У3 4АВ132А4/2У3 4А132S4/2Т2 4А132S4/2У2 4А132S4/2ХУ3 4А132S4/2ХЛ1 4А132S4/2СУ1	4	6,0	127	37	1460	225/145	115	0,35	36	Двухслойная	1,16	8 тр.х3	1	96	1–10	0,321	4,96	Δ	34
			220	22							1,08	14 дв.х2	1	168		0,972	5,02		
			380	12							1,16	24х2	1	288		2,89	4,96		
			500	9,5							1,08	32х2	1	384		5,20	4,93		
			660	7,2							0,90	42х2	1	504		8,44	5,23		
	2	6,7	127	43	2910						1,16	8 тр.х3	2	48		0,803	4,96	YY	
			220	25							1,08	14 дв.х2	2	84		0,243	5,02		
			380	14							1,16	24х2	2	144		0,723	4,96		
			500	11							1,00	32х2	2	192		1,30	4,93		
			660	8,3							0,90	42х2	2	252		2,11	5,23		
4А132М4/2У3 4А132В4/2У3 4А132М4/2Т2 4А132М4/2У2 4А132S4/2ХУ3 4А132S4/2ХЛ1 4А132М4/2СУ1	4	8,5	127	51	1460	225/145	160	0,35	36	Двухслойная	1,35	6 тр.х2	1	72	1–10	0,206	5,78	Δ	34
			220	29							1,25	11 дв.х2	1	132		0,657	6,05		
			380	17							0,96	18 дв.х2	1	216		1,83	5,85		
			500	13							1,16	24х2	1	288		3,33	5,72		
			660	9,8							1,04	31х2	1	372		5,36	5,94		
	2	9,5	127	60	2910						1,35	6 тр.х2	2	36		0,514	5,78	YY	
			220	35							1,25	11 дв.х2	2	66		0,164	6,05		
			380	20							0,96	18 дв.х2	2	106		0,457	5,85		
			500	15							1,16	24х2	2	144		0,831	5,72		
			660	12							1,04	31х2	2	186		1,34	5,94		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132S8/4У3 4А132А8/4У3 4А132S8/4Т2 4А132S8/4У2 4А132S8/4ХУ3 4А132S8/4ХЛ1 4А132S8/4СУ1	4	3,2	127	27	720	225/158	115	0,35	48	Двухслойная	1,08	10 дв.х2	1	160	1–7	0,333	3,8	Δ	44
			220	15							1,16	17х2	1	272		2,16	3,72		
			380	8,9							0,90	29х2	1	464		6,15	3,82		
			500	6,8							0,77	38х2	1	608		11,0	3,65		
			660	5,1							0,67	50х2	1	800		19,1	3,65		
	2	5,3	127	33	1440						1,08	10 дв.х2	2	80		0,183	3,8	YY	
			220	19							1,16	17х2	2	136		0,54	3,72		
			380	11							0,90	29х2	2	232		1,535	3,82		
			500	8,5							0,77	38х2	2	304		2,75	3,65		
			660	6,4							0,67	50х2	2	400		4,77	3,65		
4А132М8/4У3 4А132В8/4У3 4А132М8/4Т2 4А132М8/4У2 4А132М8/4ХУ3 4А132М8/4ХЛ1 4А132М8/4СУ1	4	4,2	127	33	720	225/158	160	0,35	48	Двухслойная	1,30	7 двх2	1	112	1–7	0,422	4,66	Δ	44
			220	19							1,35	13х2	1	208		1,46	4,57		
			380	11							1,04	22х2	1	352		4,16	4,62		
			500	8,4							0,90	29х2	1	464		7,31	4,55		
			660	6,4							0,77	38х2	1	608		13,1	4,35		
	2	7,1	127	41	1440						1,30	7 двх2	2	56		0,1057	4,66	YY	
			220	24							1,35	13х2	2	104		0,365	4,57		
			380	14							1,04	22х2	2	176		1,04	4,62		
			500	10							0,90	29х2	2	232		1,83	4,55		
			660	7,9							0,77	38х2	2	304		3,27	4,35		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, $мин^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132S6/4/2У3 4А132А6/4/2У3 4А132S6/4/2Т2 4А132S6/4/2У2 4А132S6/4/2ХУ3 4А132S6/4/2ХЛ1 4А132S6/4/2СУ1	6	2,8	127	22	960	225/145	115	0,35	36	Однослойная	1,12	11 дв.	1	66	1–8; 2–7	0,292	1,76	Y	34
			220	13							1,16	20	1	120		0,990	1,72		
			380	7,3							0,90	34	1	204		2,80	1,76		
			500	5,6							0,77	45	1	270		5,07	1,70		
			660	4,2							0,67	59	1	354		8,78	1,68		
	4	3,6	127	24	1450					Двухслойная	0,96	9 дв.х2	1	108	1–10	0,796	2,55	Δ	
			220	14							1,08	15х2	1	180		2,08	2,71		
			380	8,1							0,83	25х2	1	300		5,90	2,65		
			500	6,1							0,72	33х2	1	396		10,38	2,65		
			660	4,7							0,64	43х2	1	516		17,10	2,73		
	2	4,2	127	30	2900						0,96	9 дв.х2	2	54		0,190	2,55	YY	
			220	17							1,08	15х2	2	90		0,52	2,71		
			380	9,9							0,83	25х2	2	150		1,475	2,65		
			500	7,5							0,72	33х2	2	198		2,59	2,65		
			660	5,7							0,64	43х2	2	258		4,27	2,73		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132М6/4/2У3 4А132В6/4/2У3 4А132М6/4/2Т2 4А132М6/4/2У2 4А132М6/4/2ХУ3 4А132М6/4/2ХЛ1 4А132М6/4/2СУ1	6	3,8	127	29	960	225/145	160	0,35	36	Однослойная	1,35	8 дв.	1	48	1–8; 2–7	0,174	2,19	Y	34
			220	17							0,96	15 дв.	1	90		0,644	2,08		
			380	9,6							1,08	25	1	150		1,70	2,20		
			500	7,3							0,93	33	1	198		3,02	2,15		
			660	5,6							0,83	43	1	258		4,93	3,23		
	4	5,0	127	32	1450					Двухслойная	1,16	6 дв.х2	1	72	1–10	0,41	2,87	Δ	
			220	19							1,25	11х2	1	132		1,31	3,05		
			380	11							0,93	19х2	1	228		4,13	2,91		
			500	8,2							0,80	25х2	1	300		7,30	2,85		
			660	6,2							0,69	33х2	1	396		12,96	2,79		
	2	6,0	127	40	2900						1,16	6 дв.х2	2	36		0,104	2,87	YY	
			220	23							1,25	11х2	2	66		0,329	3,05		
			380	13							0,93	19х2	2	114		1,032	2,91		
			500	10							0,80	25х2	2	150		1,825	2,85		
			660	7,6							0,69	33х2	2	198		3,24	2,79		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4A132S8/4/2У3 4A132A8/4/2У3 4A132S8/4/2Т2 4A132S8/4/2У2 4A132S8/4/2ХУ3 4A132S8/4/2ХЛ1 4A132S8/4/2СУ1	8	1,8	127	18	710	225/145	115	0,35	36	Однослойная	1,08	15 дв.	1	90	1–6; 2–5; 1–6	0,384	2,01	Y	34
			220	10							1,16	27	1	162		1,20	2,08		
			380	6							0,90	46	1	276		3,41	2,12		
			500	4,6							0,77	60	1	360		6,06	2,03		
			660	3,4							0,67	80	1	480		10,66	2,05		
	4	3,0	127	31	1460					Двухслойная	1,25	9x2	1	108	1–10	0,934	2,17	Δ	
			220	12							0,96	15x2	1	180		2,64	2,13		
			380	7,2							0,74	25x2	1	300		7,42	2,11		
			500	5,4							0,64	33x2	1	396		13,1	2,09		
			660	4,1							0,57	43x2	1	516		21,5	2,16		
	2	3,6	127	27	2920						1,25	9x2	2	54		0,234	2,17	YY	
			220	16							0,96	15x2	2	90		0,66	2,13		
			380	9,1							0,74	25x2	2	150		1,856	2,11		
			500	6,9							0,64	33x2	2	198		3,27	2,09		
			660	5,2							0,57	43x2	2	258		5,38	2,16		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор: D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	Ротор: z_2
4А132М8/4/2У3 4А132В8/4/2У3 4А132М8/4/2Т2 4А132М8/4/2У2 4А132М8/4/2ХУ3 4А132М8/4/2ХЛ1 4А132М8/4/2СУ1	8	2,4	127	23	720	225/145	160	0,35	36	Однослойная	1,25	11 дв.	1	66	1–6; 2–5; 1–6	0,254	2,37	Y	34
			220	13							1,30	20	1	120		0,855	2,33		
			380	7,6							1,0	34	1	204		0,46	2,33		
			500	5,8							0,86	45	1	270		4,40	2,32		
			660	4,4							0,77	59	1	354		7,18	2,40		
	4	4,5	127	31	1460					Двухслойная	1,04	6 дв.х2	1	72	1–10	0,52	2,31	Δ	
			220	18							1,16	10х2	1	120		1,386	2,39		
			380	10							0,86	18х2	1	216		4,55	2,36		
			500	7,9							0,74	24х2	1	288		8,20	2,34		
			660	6,1							0,67	31х2	1	372		12,9	2,47		
	2	5,0	127	36	2940						1,04	6 дв.х2	2	36		0,13	2,31	YY	
			220	21							1,16	10х2	2	60		0,346	2,39		
			380	12							0,86	18х2	2	108		1,14	2,36		
			500	9,3							0,74	24х2	2	144		2,05	2,34		
			660	7,0							0,67	31х2	2	186		3,23	,247		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132S8/6У3 4АВ132А8/6У3 4А132S8/6Т2 4А132S8/6У2 4А132S8/6ХУ3 4А132S8/6ХЛ1 4А132S8/6СУ1	8	2,4	127	21	710	225/158	115	0,35	54	Двухслойная	1,04	5 дв.х2	1	90	1–7	0,42	1,88	Y	51
			220	12							1,08	9х2	1	162		1,393	1,82		
			380	6,9							0,86	15х2	1	270		3,68	1,92		
			500	5,3							0,74	20х2	1	360		6,64	1,90		
			660	4,0							0,64	26х2	1	468		11,54	1,85		
	6	2,6	127	21	970					Однослойная	1,08	7 дв.х2	1	63	1–12; 2–11; 3–10	0,313	1,65	Y	
			220	12							1,15	13	1	117		1,082	1,64		
			380	6,9							0,86	22	1	198		3,11	1,62		
			500	5,2							0,74	29	1	261		5,55	1,58		
			660	4,0							0,64	38	1	342		9,72	1,56		
4А132М8/6У3 4АВ132В8/6У3 4А132М8/6Т2 4А132М8/6У2 4А132М8/6ХУ3 4А132М8/6ХЛ1 4А132М8/6СУ1	8	2,8	127	21	720	225/158	160	0,35	54	Двухслойная	1,16	4 дв.х2	1	72	1–7	0,324	2,24	Y	51
			220	14							0,96	6 двх.2	1	108		0,711	2,28		
			380	7,9							1,00	11х2	1	198		2,40	2,28		
			500	6,0							0,85	14х2	1	252		4,13	2,15		
			660	4,5							0,77	19х2	1	342		7,0	2,34		
	6	3,2	127	25	970					Однослойная	1,16	6 дв.	1	54	1–12; 2–11; 3–10	0,274	1,90	Y	
			220	14							1,25	10	1	90		0,786	1,84		
			380	8,3							0,96	17	1	153		2,27	1,83		
			500	6,3							0,86	22	1	198		3,66	1,91		
			660	4,8							0,74	29	1	261		6,53	1,87		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132S8/6/4У3 4АВ132А8/6/4У3 4А132S8/6/4Т2 4А132S8/6/4У2 4А132S8/6/4ХУ3 4А132S8/6/4ХЛ1 4А132S8/6/4СУ1	6	2,2	127	18	960	225/158	115	0,35	54	Однослойная	1,30	8	1	72	1–12; 2–11; 3–10	0,495	1,37	Y	51
			220	10							0,96	14	1	126		1,592	1,29		
			380	5,9							0,74	24	1	216		4,59	1,31		
			500	4,5							0,64	32	1	288		8,19	1,32		
			660	3,4							0,57	42	1	378		13,56	1,36		
	8	1,9	127	17	720					Двухслойная	1,08	10x2	1	180	1–8	1,57	2,05	Δ	
			220	9,9							0,83	18x2	1	324		4,80	2,17		
			380	5,7							0,62	31x2	1	558		14,88	2,08		
			500	4,4							0,53	41x2	1	738		26,8	2,02		
			660	3,3							0,47	54x2	2	972		45,1	2,08		
	4	3,2	127	22	1420						1,08	10x2	2	90		0,392	2,05	YY	
			220	13							0,83	18x2	2	162		1,20	2,17		
			380	7,3							0,62	31x2	2	279		3,72	2,08		
			500	5,5							0,53	41x2	2	369		6,70	2,02		
			660	4,2							0,47	54x2	2	486		11,3	2,08		

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	U_1, В	I_1, А	n, мин$^{-1}$	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	Тип обмотки	Диаметр провода, мм	$S_п$	a_1	$w_{к1}$	y_1	r_1, Ом	G_1, кг	Соединение фаз	z_2
4А132М8/6/4У3 4АВ132В8/6/4У3 4А132М8/6/4Т2 4А132М8/6/4У2 4А132М8/6/4ХУ3 4А132М8/6/4ХЛ1 4А132М8/6/4СУ1	6	2,8	127	22	960	225/158	160	0,35	54	Однослойная	1,04	6 дв.	1	54	1–12; 2–11; 3–10	0,341	1,53	Y	51
			220	13							1,16	10	1	90		0,913	1,59		
			380	7,3							0,86	18	1	162		3,0	1,56		
			500	5,5							0,74	24	1	216		5,40	1,45		
			660	4,2							0,64	31	1	279		9,30	1,49		
	8	2,6	127	23	720					Двухслойная	1,30	7x2	1	126	1–8	0,914	2,48	Δ	
			220	13							1,96	13x2	1	234		3,12	2,51		
			380	7,6							0,74	22x2	1	396		8,88	2,53		
			500	5,7							0,64	29x2	1	522		15,65	2,50		
			660	4,3							0,57	38x2	1	684		25,85	2,59		
	4	4,5	127	29	1420						1,30	7x2	2	63		0,228	2,48	YY	
			220	17							1,96	13x2	2	117		0,78	2,51		
			380	9,8							0,74	22x2	2	198		2,22	2,53		
			500	7,4							0,64	29x2	2	261		3,91	2,50		
			660	5,6							0,57	38x2	2	342		6,46	2,59		

Примечания.

1. Марка провода обмотки статора для электродвигателей нормального исполнения ПЭТВ, для остальных электродвигателей — ПЭТ-155.

2. Односторонняя толщина пазовой изоляции 0,25 мм класса B, для электродвигателей тропического исполнения — класса F.

8.7.4. Обмоточные данные многоскоростных электродвигателей серии ВАО 6—9-го габаритов на напряжение 380 В

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, А	Соединение фаз	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	$n_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
ВАО 61-4/12	4	4	1460	9,4	Y	291/206	150	0,45	54	1–12	13	1	1	6 и 7	117	1,16	2,9	1,57	68
	12	1,5	485	7,8	Y					1–5	30	1	1	15	270	1,0	3,3	3,2	
ВАО 62-4/12	4	5,5	1460	12	Y	291/206	210	0,45	54	1–12	11	1	1	5 и 6	99	1,3	3,5	1,21	68
	12	2,2	485	10,3	Y					1–5	22	1	1	11	198	1,2	4,2	2,0	
ВАО 71-4/12	4	7,5	1430	16,5	Y	343/245	190	0,55	54	1–10	14	1	1	7	126	1,45	5,15	1,16	44
	12	2,5	465	8,5	Y					1–5	26	1	1	13	234	1,16	4,6	2,53	
ВАО 72-4/12	4	10	1430	21	Y	343/245	250	0,55	54	1–10	10	1	1	5	90	1,62	5,2	0,76	44
	12	3,5	465	11,5	Y					1–5	20	1	1	10	180	1,4	6,1	1,575	
ВАО 71-4/8	4	16	1455	32	YY	343/245	190	0,55	54	1–8	48	2	2	12	108	1,25	6	0,3	44
	8	9	730	25	Δ								1		216			1,2	
ВАО 72-4/8	4	21	1465	42	YY	343/245	250	0,55	54	1–8	36	2	2	9	81	1,5	7,35	0,181	44
	8	11	730	32,5	Δ								1		162			0,724	
ВАО 72-4/6/8	4	13	1440	27,5	YY	343/245	250	0,55	54	1–8	22	1	2	11	99	1,35	3,6	0,545	44
	6	8	715	23,5	Δ								1		198			2,18	
	8	8	960	19,5	Y					1–8	11	1	1	6 и 5	99	1,5	4,7	0,915	
ВАО 72-4/6	4	15	1455	32,5	Δ	343/245	250	0,7	36	1–8	18	1	1	9	108	1,62	6,2	0,905	46
	6	12	965	32,0	Δ					1–6	22	1	1	11	132	1,56	6,3	1,06	
ВАО 81-4/8	4	30	1470	56,5	YY	393/285	210	0,8	72	1–11	42	3	2	7	84	1,4	20	0,144	58
	8	17	740	43	Δ								1		168			0,576	

Тип электродвигателя	2p	P, кВт	n, $мин^{-1}$	I_1, A	Соединение фаз	Статор													Ротор
						D_c/d_c, мм	L, мм	δ, мм	z_1	y_1	$п_{э1}$	m_1	a_1	$w_{к1}$	$w_ф$	Диаметр провода, мм	G_1, кг	r_1, Ом	z_2
ВАО 82-4/8	4	40	1475	75	YY	393/285	280	0,8	72	1–11	40	4	2	5	60	1,45	23,5	0,083	58
	8	22	740	58,5	Δ								1		120			0,332	
ВАО 91-4/8	4	48	1455	97,5	YY	458/334	240	0,7	72	1–11	60	3	4	10	60	1,3	28	0,0675	58
	8	30	730	78	Δ								2		120			0,27	
ВАО 92-4/8	4	60	1455	115	YY	458/334	330	0,7	72	1–11	48	3	4	8	48	1,2	34,8	0,0475	58
	8	40	730	96	Δ								2		96			0,19	
ВАО 91-4/6/8	4	26	1475	55	YY	458/334	240	0,7	72	1–10	24	2	2	6	72	1,56	15,1	0,159	58
	8	18	735	46,5	Δ								1		144		10,7	0,636	
	6	18	980	40	Y					1–11	18	1	3	9	72	1,45	19,3	0,266	
ВАО 92-4/6/8	4	35	1470	70,5	YY	458/334	330	0,7	72	1–10	30	3	2	5	60	1,45	10,8	0,121	58
	8	25	730	58	Δ								1		120		11,2	0,484	
	6	25	980	54	Y					1–11	18	2	2	4 и 5	54	1,35	12	0,204	
ВАО 91-4/6/8/12	4	25	1470	54	YY	458/334	240	0,7	72	1–10	24	2	2	6	72	1,35	11,2	0,212	72
	8	13	735	38	Δ								1		144			0,848	
	6	6	975	35	YY					1–8	36	2	2	9	108	1,16	12	0,408	
	12	9	490	33	Δ								1		216			1,632	
ВАО 92-4/6/8/12	4	33	1470	68	YY	458/334	330	0,7	72	1–10	20	2	2	5	60	1,56	14,7	0,157	72
	8	18	735	50	Δ								1		120			0,628	
	6	20	970	42,5	YY					1–8	28	2	2	7	84	1,3	14	0,302	
	12	13	485	43	Δ								1		168			1,208	

Примечание. Обмотка статора двухслойная, выполнена проводом марки ПСДКТ с изоляцией паза класса Н.

Приложения

Таблица 1. Номинальные и допустимые значения диаметрое посадочных мест под подшипники на еалах электродвигателей

Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Диаметр посадочного места под подшипники, мм	
		номинальный	допустимый
Электродвигатели 4А			
4АА56	Все частоты вращения	12 ±0,006	11,99
4АА63		15 ±0,006	14,99
4А71		20 +0,017/+0,002	19,99
4А80, 4А90		25 +0,017/+0,002	24,99
4А100		30 +0,017/+0,002	29,99
4А112	3000	35 +0,020/+0,003	34,98
	1500		34,99
	1000		
	750		
4А132	3000	45 +0,020/+0,003	44,98
	1500		44,99
	1000		
	750		
4А160	3000	50 +0,020/+0,003	49,98
	1500		49,99
	1000		
	750		
4А180	3000	60 +0,023/+0,003	59,98
	1500		59,99
	1000		
	750		
4А200	3000	65 +0,023/+0,003	64,98
	1500		
	1000		64,99
	750		
4А225	3000	70 +0,023/+0,003	69,98
	1500		
	1000		69,99
	750		

Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Диаметр посадочного места под подшипники, мм	
		номинальный	допустимый
4А250, 4А280	Все частоты вращения	85 +0,026/+0,003	84,98
4А315, 4АН315		95 +0,026/+0,003	94,98
4А355, 4АН355		110 +0,026/+0,003	109,98
Электродвигатели А2, АО2 и АОЛ2			
1 габарит	Все частоты вращения	20 +0,017/+0,002	19,99
2 габарит		25 +0,017/+0,002	24,99
3 габарит		30 +0,017/+0,002	29,99
4 габарит	3000	40 +0,020/+0,003	39,98
	1500		39,99
	1000		
5 габарит	3000	45 +0,020/+0,003	44,98
	1500		
	1000		44,99
	750		
6 габарит	Все частоты	45 +0,020/+0,003	44,98
7 габарит	3000	55 +0,023/+0,003	54,97
	1500		54,98
	1000		
	750		
8 габарит	3000	70 +0,023/+0,003	69,97
	1500		69,98
	1000		
	750		
9 габарит	3000	85 +0,026/+0,003	84,97
	1500		
	1000		84,98
	750		
Электродвигатели серии АК			
3 габарит	Все частоты вращения	20 +0,017/+0,002	19,99
4 габарит	3000	30 +0,017/+0,002	29,98
	1500		
	1000		
5 габарит	Все частоты вращения	40 +0,020/+0,003	39,98
6 габарит		50 +0,020/+0,003	49,98
7 габарит		60 +0,020/+0,003	59,98

Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Диаметр посадочного места под подшипники, мм	
		номинальный	допустимый
8 габарит	3000	70 +0,023/+0,003	69,97
	1500		69,98
	1000		
	7500		
9 габарит	3000	85 +0,023/+0,003	84,97
	1000		84,98
	750		

Таблица 2. Номинальные, допустимые при текущем ремонте и предельные значения радиального зазора подшипников электродвигателей

Номер подшипника	Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Радиальный зазор, мм		
			номинальный	допустимый	предельный
6-180501	4АА56	Все частоты вращения	0,003–0,018	0,03	0,04
	4АА63	3000		0,04	0,05
		1500, 1000		0,03	0,04
6-180502	4А71	3000	0,003–0,018	0,07	0,08
		1500–750		0,03	0,04
6-180604	4А80, 4А90	3000	0,005–0,020	0,07	0,08
6-180-605	4А80, 4А90	1500–750	0,005–0,020	0,03	0,04
6-180606	4А100	3000	0,005–0,020	0,07	0,08
		1500–750		0,04	0,05
6-180607	4А112	3000	0,006–0,023	0,09	0,10
		1500–750		0,04	0,05
6-180609	4А132	3000	0,006–0,023	0,09	0,10
		1500–750		0,07	0,08
6-310	4А160	3000	0,006–0,023	0,09	0,10
		1500–750		0,07	0,08
6-312	4А180	3000	0,008–0,028	0,10	0,11
		1500–750		0,08	0,09
6-313	4А200	3000	0,008–0,028	0,10	0,11
		1500–750		0,08	0,09
6-314	4А225	3000	0,008–0,028	0,12	0,13
		1500–750		0,10	0,11
6-317	4А250	3000	0,012–0,036	0,12	0,13
		1500–750		0,10	0,11

Номер подшипника	Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Радиальный зазор, мм		
			номинальный	допустимый	предельный
70-319	4А315, 4АН315	Все частоты вращения	0,012–0,036	0,14	0,15
70-322	4А355, 4АН355		0,012–0,036	0,14	0,15
6-2310	4А160	3000	0,020–0,055	0,09	0,10
		1500–750		0,07	0,08
6-2312	4А180	3000	0,025–0,065	0,10	0,11
		1500–750		0,08	0,09
6-2313	4А200	3000	0,025–0,065	0,10	0,11
		1500–750		0,08	0,09
6-2314	4А225	3000	0,025–0,065	0,12	0,13
		1500–750		0,10	0,11
6-2317	4А250	3000	0,030–0,070	0,12	0,13
	4А280	1500–750		0,10	0,11
0-2319	4А315	Все частоты вращения	0,035–0,080	0,14	0,15
0-2322	4А355		0,035–0,080	0,14	0,15
308	АК, 5 габарит		0,006–0,023	0,06	0,07
	АК, 6 габарит	3000		0,08	0,09
310	АК, 6 габарит	1500, 1000, 750	0,006–0,023	0,06	0,07
	АК, 7 габарит	3000		0,09	0,10
312	АК, 7 габарит	1500, 1000, 750	0,008–0,028	0,09	0,10
	АК, 8 габарит	3000		0,10	0,12
314	АК, А2, АО2, 8 габарит	3000	0,010–0,030	0,10	0,12
		1500, 1000, 750		0,12	0,15
317	АК, А2, АО2, 9 габарит	Все частоты вращения	0,012–0,036	0,12	0,15
60304	АОЛ2, 1 габарит		0,005–0,020	0,06	0,07
60305	АОЛ2, 2 габарит		0,005–0,020	0,06	0,07
60306	АО2, АОЛ2, 3 габарит		0,005–0,020	0,06	0,07
60308	АО2, АОК2, 4 габарит		0,006–0,023	0,06	0,07
60309	АО2, АОК2, 5 габарит		0,006–0,023	0,06	0,07
309	АО2, АОК2, 6 габарит	3000, 1500	0,006–0,023	0,08	0,09
		1000, 750		0,06	0,07
311	АО2, АОК2, 7 габарит	Все частоты вращения	0,008–0,028	0,09	0,10
2312	АК, 7 габарит	1500, 1000, 750	0,025–0,065	0,09	0,10
2309К	А2, АО2, АОК2, 6 габарит	1500, 1000, 750	0,020–0,055	0,08	0,09
2311К	А2, АО2, АОК2, 7 габарит	1500, 1000, 750	0,025–0,065	0,09	0,10
2314К	А2, АО2, АОК2, 8 габарит	1500, 1000, 750	0,030–0,070	0,10	0,12
2317	А2, АО2, АОК2, 9 габарит	1500, 1000, 750	0,035–0,080	0,12	0,15

Таблица 3. Номинальные и допустимые значения диаметра контактных колец

Тип электродвигателя	Диаметр контактного кольца, мм	
	номинальный	допустимый
АК, габарит 5	73	68,0
АОК2, габарит 4 и 5		
АК, АОК2, габарит 6	80	75,0
АК, габарит 7	120	110,80
АК, габарит 8	122	112,80
АОК2, габарит 7 и 8	84	74,0

Таблица 4. Данные по выбору сверл и метчиков

Поврежденная резьба	Диаметр сверла для рассверливания отверстия с поврежденной резьбой	Размер метчиков для нарезания новой резьбы
M5 ×0,8	5,2	M6×0,8
	5,0	M6×1,0
M6×1,0	7,0	M8×1,0
	6,7	M8×1,25
M8×1,25	8,7	M10×1,25
	8,5	M10×1,5
M10×1,5	10,5	M12×1,5
	10,2	M12×1,75
M12×1,75	12,2	M14×1,75
	11,9	M14×2,0
M14×2,0	14,0	M16×2,0
M16×2,0	16,2	M18×2,0
	15,4	M18×2,5
	17,2	M20×2,5
M18×2,5	18,0	M20×2,5
	19,2	M22×2,5
M20×2,5	20,0	M22×2,5
	20,1	M24×3,0
M22×2,5	22,0	M24×2,5
	20,9	M24×3,0
	23,9	M27×3,0

Примечание. При рассверливании отверстий в верхней части станины следят, чтобы металлические стружки не попадали на обмотку. При рассверливании и нарезании резьбы ремонтного размера в отверстии под болт крепления подшипникового щита диаметр отверстия в ушке щита должен быть на 1 мм больше диаметра болта с ремонтной резьбой.

Литература

Виноградов Н. В. Обмотка электрических машин. М.: Высшая школа, 1977.

Дренов П. В. Справочник по ремонту электрических машин. Киев. Техника, 1964.

Дьяков В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: 1976.

Клоков Б. П. Обмотчик электрических машин. М.: Высшая школа, 1887.

Клоков Б. П. Преподавание курса «Обмотка электрических машин». М.: Высшая школа, 1877.

Кокарев А. С. Справочник молодого обмотчика. М.: Высшая школа, 1985.

Корицкий Ю. В. Электротехнические материалы. М.: Энергия, 1976.

Лихачев В. Л. Электротехника. Справочник. Том 1 и том 2. М.: Солон-Р, 2001.

Маршак Е. Л. Ремонт обмоток статоров электрических машин переменного тока. М.: Энергия.

Перельмутер Н. М. Электромонтер-обмотчик и изолировщик по ремонту электрических машин и трансформаторов. М.: Высшая школа, 1884.

Тембель П. В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов. Киев. Техника, 1981.

Содержание